МАССОВАЯ РАДИО БИБЛИОТЕКА

В. В. КОЛОСОВ

КАССЕТНЫЙ СТЕРЕОФОНИЧЕСКИЙ МАГНИТОФОН



МАССОВАЯ
РАДИО
БИБЛИОТЕКА

Выпуск 925

В. В. КОЛОСОВ

КАССЕТНЫЙ СТЕРЕОФОНИЧЕСКИЙ МАГНИТОФОН



«ЭНЕРГИЯ»
МОСКВА · 1976

6Ф2.7
К61
УДК 681.846.7

ВАДИМ ВЛАДИМИРОВИЧ КОЛОСОВ

КАССЕТНЫЙ СТЕРЕОФОНИЧЕСКИЙ МАГНИТОФОН

Редактор С. А. Бирюков

Редактор издательства Г. Н. Астафуров

Обложка художника А. А. Иванова

Технический редактор Т. А. Маслова

Корректор И. А. Володяева

Сдано в набор 19/IV 1976 г. Подписано к печати 24/VIII 1976 г. Т—15741. Формат 84×108¹/₃₂. Бумага типографская № 2. Усл. печ. л. 3,36. Уч.-изд. л. 4,14. Тираж 40 000 экз. Зак. 569. Цена 18 коп.

Издательство «Энергия», Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10. Владимирская типография Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли 600610, гор. Владимир, ул. Победы, д. 18-б.
Владимирская типография Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 600610, гор. Владимир, ул. Победы, д. 18-б.

Колосов В. В.

К61 Кассетный стереофонический магнитофон. М., «Энергия», 1976.

64 с. с ил. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 925).

В книге приводится подробное описание схемы и конструкции стереофонического кассетного магнитофона «Селигер-3», получившего приз на 26-й Всесоюзной выставке творчества радиолюбителей-конструкторов, а также его модификации — «Селигер-4», который удостоен золотой медали ВДНХ на 27-й Всесоюзной выставке.
Книга рассчитана на радиолюбителей, интересующихся магнитной записью звука.

К $\frac{30403-511}{051(01)-76}$ 186-76 6Ф2.7

ПРЕДИСЛОВИЕ

Кассетные магнитофоны получают все большее распространение благодаря простоте и удобству в обращении, а также экономичности и надежности в работе. Они явились новой ступенью в развитии бытовой магнитной записи.

Однако переход к выпуску кассетных магнитофонов потребовал освоения новых технологических процессов и применения новых материалов. Возросли требования и к точности изготовления деталей, а применение низкой скорости ленты сделало эти требования более жесткими. Так, например, ведущий вал кассетного магнитофона обрабатывается с точностью 2 мкм, а магнитные головки имеют рабочий зазор 2—3 мкм; материал сердечника головки обладает высокой износостойкостью в связи с тем, что при столь малой ширине зазора его глубина ограничена шунтирующим действием зазора. Применение тонких (18 мкм) и сверхтонких (9 мкм) лент требует особой тщательности изготовления деталей лентопротяжного механизма и его точной регулировки.

Современные кассетные магнитофоны имеют высокие качественные показатели. По качеству звучания, например, они не уступают большинству катушечных бытовых магнитофонов. Это достигается усложнением способов обработки сигнала в процессе записи и воспроизведения.

Настоящая книга знакомит читателей с достижениями в области развития кассетных магнитофонов, а также содержит описание конструкций двух стереофонических кассетных магнитофонов и рекомендации по их сборке и регулировке в радиолюбительских условиях.

Автор

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В начале прошлого десятилетия фирмой «Philips» была разработана компактная кассета для бытовых магнитофонов. Благодаря удобству в обращении, совершенству конструкции, надежности и сохранности фонограммы такие кассеты получили широкое распространение. Повышение требований к электроакустическим параметрам магнитофонов и их эксплуатационным характеристикам привело к созданию сверхтонких лент толщиной 13 и 9 мкм, позволяющих увеличить время звучания кассеты до 90 и 120 мин соответственно. Применение малошумящих лент типа Low Noise улучшило отношение сигнал/шум канала записи — воспроизведения на 2—3 дБ, а создание лент на основе двуокиси хрома позволило расширить диапазон рабочих частот магнитофонов до 16 кГц (при скорости движения ленты 4,76 см/с). Реализация высокого качества новых лент стала возможной благодаря разработке магнитных головок с узкой рабочей щелью (шириной примерно 1,5 мкм) и новейших магнитных материалов сердечника. В последние годы широкое применение нашли шумоподавляющие устройства, такие, как DNL фирмы «Philips» и система Dolby. Система DNL основана на принципе динамического шумоподавления в канале воспроизведения [1, 2]. Устройство позволяет улучшить качество воспроизведения фонограммы независимо от того, на каком аппарате сделана запись. Отношение сигнал/шум при этом улучшается на 3—4 дБ. По субъективному восприятию улучшение качества весьма существенно, так как шумоподавление производится в той части частотного диапазона, где шумы наиболее заметны.

Система Dolby [3, 4, 5] предусматривает коррекцию сигнала как в режиме записи, так и в режиме воспроизведения. Она улучшает отношение сигнал/шум на 10—12 дБ, но предусматривает воспроизведение записей, сделанных только на аппаратах данного типа.

Наряду с поисками новых схемных решений улучшалась и конструкция кассет. Так, фирмой «Gründig» предложены укладчики для ленты [6], которые уменьшают образование ступенек в том случае, когда намотка ленты осуществляется с остановками. Это способствует стабилизации тормозящего момента кассеты и улучшает качество транспортирования ленты.

В результате прогресса, достигнутого в развитии кассетных магнитофонов, сфера их применения значительно расширилась. В настоящее время кассетные магнитофоны применяются в вычислительной технике в качестве внешних запоминающих устройств ЭВМ, в метрологии, для регистрации медленно изменяющихся процессов, для управления технологическими процессами. Во всех этих областях к магнитофонам предъявляются весьма жесткие требования в части надежности, информационной плотности, стабильности выходных параметров и достоверности записанной информации.

Таблица 1

Параметр	TANDBERG	PIONEER			SANSUI SC-700	TOSHIBA PT-490/470	PANASONIC PS-263US	TECHNICS	TEAG		
	TCD-300 stereo	T-3300	T-3500	CT-4141				PS-279US	250	355	450
Скорость ленты, см/с	4,76	4,76	4,76	4,76	4,76	4,76	4,76	4,76	4,76	4,76	4,76
Отклонение скорости ленты от номинальной, %	±1	±1	±1	±1	±1	±1	±1	±1			
Коэффициент детонации, %	±0,15	±0,20	±0,14	±0,13	±0,12	±0,10	±0,20	±0,10	±0,15	±0,13	±0,07
Диапазон частот, Гц:											
с лентой PE-65		40—12 000	40—12 000	30—13 000	40—13 000		30—13 000	30—12 000	30—13 000	30—13 000	30—11 000
с лентой LN	30—15 000		40—13 000			30—15 000					30—13 000
с лентой CrO_2			40—15 000	30—16 000	40—16 000		30—14 000		30—16 000	30—16 000	30—15 000
Отношение сигнал/шум, дБ											
без системы шумоподавления	—48	—45	—45	—48	—50	—50	—45	—50	—50	—50	—
с системой Долби	—52	—	—	—58	—56	—55	—55	—59	—59	—58	—60
Автостоп	Есть	Есть	Нет	Нет	Нет	Есть	Есть	Есть	Нет	Нет	Нет
Количество электродвигателей	3	1	1	1	1	1(синхронный)	1	2	1(синхронный)	1(синхронный)	1(синхронный)
Размеры, мм	430×105×230	330×106×227	362×117×227	396×96×242	385×103×255	425×140×290	422×137×343	355×127×245	425×102×250	430×112×250	442×175×270
Масса, кг	6,5	4,7	5,6	5,1	5,7	8,0	4,5	8,8	4,5	5,2	9,3
Примечания	«Закрытый тракт» ленты	—	Ферритовые головки	Ферритовые головки, АРУ	—	Автореверс	—	Ферритовые головки	Ферритовые головки	Ферритовые головки	Ферритовые головки

В последние годы в странах Западной Европы, Японии, США появилось много типов высококачественных кассетных магнитофонов. В табл. 1 приводятся характеристики некоторых из них. Все приведенные модели не имеют оконечного усилителя и встроенного громкоговорителя.

При проектировании магнитофона «Селигер-3» автором была поставлена задача простейшими средствами создать кассетный стереофонический магнитофон с характеристиками, необходимыми для полноценной записи и прослушивания стереофонических программ. В основу разработки был положен серийно выпускаемый магнитофон «Электроника-301». От магнитофона заимствованы корпус и лентопротяжный механизм, т. е. те узлы, изготовление которых наиболее трудоемко в любительских условиях. Несмотря на простоту схемы аппарат имеет высокие электроакустические параметры. Он надежен и прост в обращении.

Новая модификация магнитофона («Селигер-4») включает шумоподавляющее устройство. По качеству звучания магнитофон «Селигер-4» не уступает катушечным магнитофонам второго класса, имеющим скорость ленты 19,05 см/с. Кроме того, в нем применены движковые резисторы и значительно улучшен внешний вид. Магнитофон «Селигер-4» оснащен двумя акустическими колонками закрытого типа мощностью 6 Вт каждая.

Основные электроакустические характеристики магнитофонов «Селигер-3» и «Селигер-4» приведены в табл. 2.

Магнитофоны «Селигер-3» и «Селигер-4» питаются от сети переменного тока напряжением 127/220 В, частотой 50 Гц или от шести элементов типа 343. Продолжительность работы от комплекта свежих батарей (при нагрузке на внутренний громкоговоритель сопротивлением 16 Ом) составляет 10 ч. Параметры сигнала на линейном выходе магнитофонов сохраняются при изменении напряжения питания от 7 до 14 В.

МАГНИТОФОН «СЕЛИГЕР-3»

Принципиальная схема

По внешнему виду магнитофон «Селигер-3» почти не отличается от исходной модели. Отличие заключается лишь в том, что его корпус оклеен декоративной пленкой, а регулятор уровня громкости имеет сдвоенную ручку для регулировки уровня громкости раздельно в обоих стереоканалах. Функции органов управления магнитофона «Селигер-3» такие же, как и у магнитофона «Электроника-301».

Общий вид магнитофона «Селигер-3» показан на рис. 1. Все соединительные разъемы вынесены на левую стенку корпуса. Ввиду малых размеров аппарата выходные цепи усилителей мощности обоих каналов выведены на одно гнездо. Магнитофон имеет выпрямитель для питания от сети, который вставляется в корпус магнитофона вместо пенала с батареями, и встроенный громкоговоритель.

Магнитофон «Селигер-3» предназначен для записи четырехдорожечных стереофонических фонограмм от микрофона, приемника, звукоснимателя, трансляции и другого магнитофона, а также для

Таблица 2

Параметр	Требования стандарта для кассетных магнитофонов второго класса	Характеристики магнитофонов	
		«Селигер-3»	«Селигер-4»
Тип применяемой кассеты	—	МК-60	МК-60
Скорость ленты, см/с	4,76	4,76	4,76
Отклонение скорости ленты от номинальной, %	±2	±2	±2
Коэффициент детонации, %	±0,4	±0,3	±0,3
Время звучания одной кассеты, мин	2×30	2×30	2×30
Время перемотки, с	100	80	80
Рабочий диапазон частот, Гц	63—10 000	40—14 000	40—14 000
Эффективное значение остаточного магнитного потока, нВб/м	160	160	160
Отношение сигнал/шум канала воспроизведения, дБ	—44	—48	—52
Отношение сигнал/шум канала записи — воспроизведения, дБ	—42	—46	—50
Рассогласование частотных характеристик канала воспроизведения, дБ	3	1,5	1,5
Рассогласование частотных характеристик канала записи — воспроизведения, дБ	3	1,5	1,5
Разбаланс уровней на частоте 400 Гц, дБ	1	0,5	0,5
Коэффициент гармонических искажений канала записи — воспроизведения на частоте 400 Гц, %:			
на линейном выходе	4	2,2	1,5
на эквиваленте громкоговорителя	—	3	2

Параметр	Требования стандарта для кассетных магнитофонов второго класса	Характеристики магнитофонов	
		«Селигер-3»	«Селигер-4»
Номинальная выходная электрическая мощность (на нагрузке 4 Ом), Вт	—	2×2	2×2
Максимальная выходная мощность, Вт	—	2×3	2×3
Номинальное напряжение, мВ:	—		
микрофонного входа (при R входа, кОм)	—	0,2 (1,5)	0,2 (1,5)
входа радиоприемника (при R входа не менее, кОм)	10—30 (50)	6—30 (62)	6—30 (62)
входа звукоснимателя (при R входа не менее, кОм)	150—500 (400)	150—500 (500)	150—500 (500)
входа трансляционной линии (при R входа не менее, кОм)	$(10—30)10^3$ (10)	$(6—30)\ 10^3$ (50)	$(6—30)10^3$ (50)
линейного выхода (при R выхода не более, кОм)	250—500 (10)	400 (6,2)	400 (6,2)
Частота генератора стирания и подмагничивания, кГц	—	70	70
Относительный уровень стирания на частоте 1000 Гц, дБ	—60	—65	—65
Масса с комплектом питания и кассетой, кг	3,5	2,6	2,8
Количество транзисторов в усилителе, шт.	—	20	32

воспроизведения фонограмм через встроенный громкоговоритель, выносную акустическую систему или внешний усилитель.

При подключении магнитофона к аккумулятору автомобиля необходимо помнить, что его корпус соединен с отрицательным полюсом источника питания.

На рис. 2 показана принципиальная электрическая схема магнитофона «Селигер-3». Она состоит из двух идентичных универсальных и оконечных усилителей, генератора тока стирания и подмагничивания, индикатора уровня записи и напряжения источника

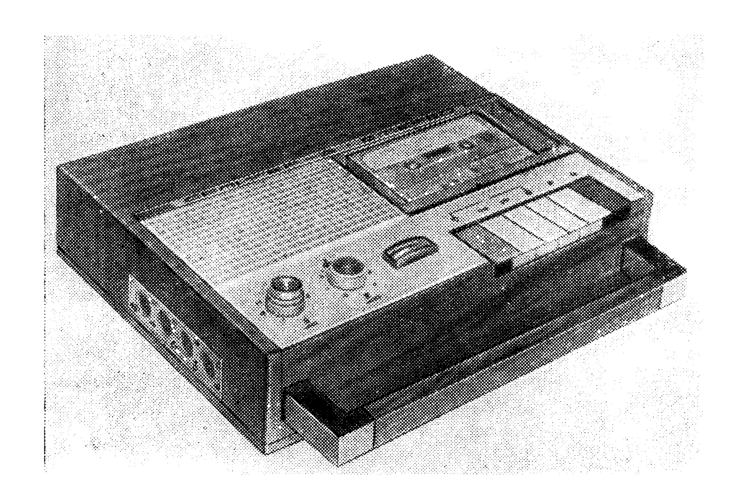


Рис. 1. Общий вид магнитофона «Селигер-3».

питания, стабилизатора частоты вращения электродвигателя и стабилизатора напряжения питания универсального усилителя, а также генератора тока высокочастотного стирания и подмагничивания.

Универсальные усилители — четырехкаскадные (для простоты на схеме показан усилитель левого канала). Первые два каскада, собранные на транзисторах разной структуры ($1T_1$ и $1T_2$), обеспечивают согласование усилителя с источником сигнала в режимах записи и воспроизведения и предварительное усиление сигнала в этих режимах. Каскады связаны гальванически и охвачены отрицательной обратной связью по постоянному току из эмиттерной цепи транзистора $1T_2$ на базу транзистора $1T_1$ через цепь смещения (резистор $1R_8$). Переменный резистор $1R_1$ *(Уровень)*, включенный в коллекторную цепь транзистора $1T_1$, служит для регулировки усиления в режимах записи и воспроизведения. Конденсатор $1C_6$, включенный между коллектором и базой транзистора $1T_2$, уменьшает чувствительность усилителя к наводкам высокочастотного подмагничивания в режиме записи.

Третий и четвертый каскады усиления собраны на транзисторах одинаковой структуры с гальванической связью и так же охвачены обратной связью по постоянному току. Такое включение транзисто-

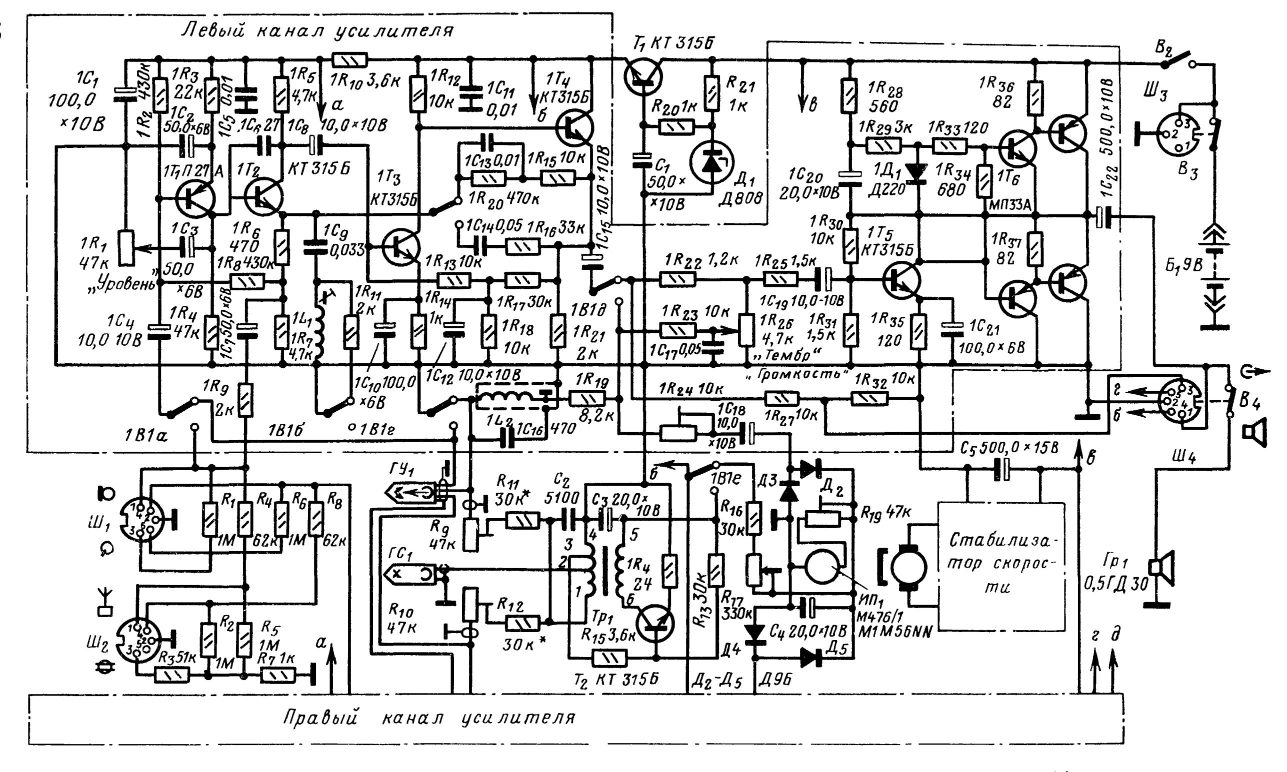


Рис. 2. Принципиальная схема магнитофона. Транзистор $1T_7$ типа МП41А, $1T_8$ и $1T_9$ — П605А.

ров значительно улучшает термостабильность усилителя. Последний каскад усилителя выполнен по схеме эмиттерного повторителя и имеет низкое выходное сопротивление, что значительно ослабляет влияние нагрузки на универсальный усилитель и позволяет применить простейший усилитель мощности, имеющий низкое входное сопротивление. Применение кремниевых высокочастотных транзисторов ($1T_2$—$1T_4$) позволило охватить глубокой отрицательной связью три последних каскада, не опасаясь самовозбуждения усилителя на частотах, лежащих за пределами рабочего диапазона. В режиме воспроизведения напряжение частотнозависимой отрицательной обратной связи снимается с эмиттера транзистора $1T_4$ и через цепочку, состоящую из резисторов $1R_{15}$, $1R_{20}$ и конденсатора $1C_{13}$, поступает в цепь эмиттера транзистора $1T_2$, осуществляя необходимую коррекцию усилителя в области средних и низших частот рабочего диапазона. Расчетные значения постоянной времени коррекции усилителя воспроизведения составляют: $\tau_1 = 120$ мкс, $\tau_2 = 1590$ мкс. Однако ввиду большой неравномерности характеристики применяемой головки в области нижних частот, обусловленной ее конструкцией, сопротивление резистора $1R_{20}$ выбрано из соображений уменьшения частотных искажений тракта воспроизведения. В области высших частот коррекция осуществляется контуром $1L_1$, $1C_9$ и $1R_{11}$, настроенным на частоту 14 кГц.

Благодаря применению эмиттерного повторителя (транзистор $1T_4$) усиление каскада на транзисторе $1T_3$ довольно велико, так как он практически работает в режиме холостого хода. В результате глубина отрицательной обратной связи на средних частотах достигает 32 дБ, а на краях рабочего диапазона — 16—20 дБ, что снижает коэффициент нелинейных искажений и значительно уменьшает выходное сопротивление усилителя. Избыток глубины обратной связи позволяет изменять частотную характеристику тракта в широких пределах и уменьшает влияние разброса параметров транзисторов на характеристики аппарата. С другой стороны, подача напряжения отрицательной обратной связи в цепь эмиттера транзистора $1T_2$ увеличивает входное сопротивление этого каскада, улучшая тем самым его согласование с каскадом на транзисторе $1T_1$.

Необходимые предыскажения в режиме записи создаются цепочкой $1R_{16}$, $1C_{14}$ и последовательным колебательным контуром $1L_1$, $1C_9$.

Низкое выходное сопротивление универсального усилителя позволило применить диодный индикатор уровня записи на элементах $Д_2$, $Д_3$, C_4, R_{19} и $ИП_1$, а также значительно ослабить проникание напряжения подмагничивания в усилитель при записи. Заградительный фильтр $1L_2$, $1C_{16}$ настроен на частоту тока стирания и подмагничивания и ослабляет влияние генератора на универсальный усилитель.

Частотные характеристики универсального усилителя (до линейного выхода) показаны на рис. 3. В режиме воспроизведения измерения проводились на линейном выходе усилителя при подаче напряжения 0,1 В от звукового генератора в соответствии со схемой, приведенной на рис. 4, *а*. В режиме записи измерения приводилась на резисторе, включенном последовательно с универсальной головкой (рис. 4, *б*), при подаче на вход усилителя от звукового генератора напряжения 15 мВ через делитель R_1, R_2.

Усилитель мощности магнитофона собран на транзисторах $1T_5$—$1T_9$. Применение в каскаде предварительного усиления кремниевого высокочастотного транзистора $1T_5$ позволило уменьшить фа-

зовые сдвиги в цепи отрицательной обратной связи (через резистор $1R_{30}$), охватывающей все каскады усилителя мощности. Для более полного использования напряжения питания применена положительная обратная связь, напряжение которой снимается с выхода усилителя и через конденсатор $1C_{20}$ подается в коллекторную цепь тран-

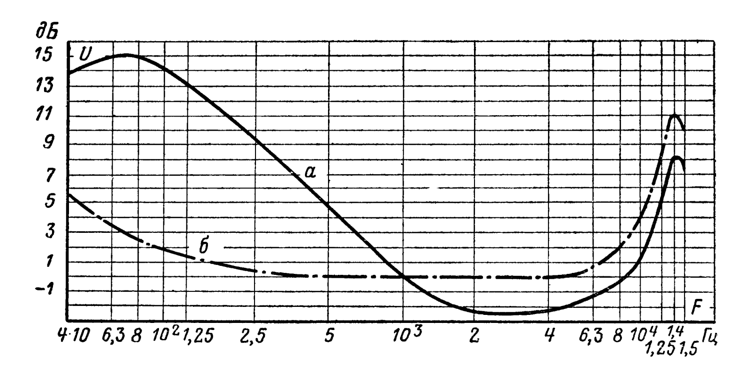


Рис. 3. Частотные характеристики универсального усилителя магнитофона.

Кривая *а* — в режиме воспроизведения; кривая *б* — в режиме записи.

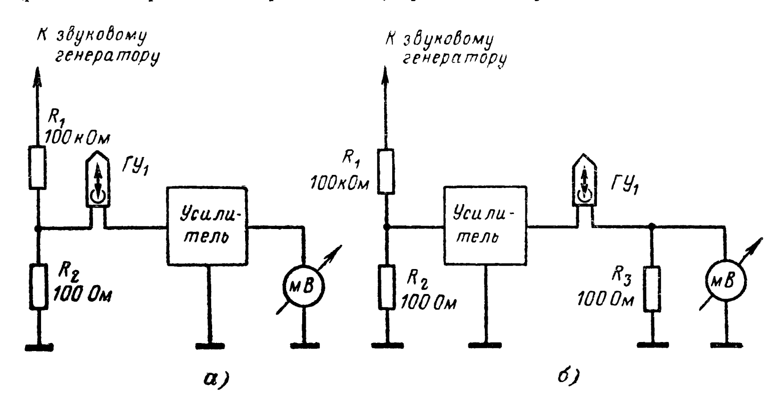


Рис. 4. Схема измерения частотных характеристик универсального усилителя.

а — в режиме воспроизведения; *б* — в режиме записи.

зистора $1T_5$. В результате выходное напряжение складывается с напряжением питания коллекторной цепи транзистора $1T_5$ в общей точке резисторов $1R_{28}$ и $1R_{29}$, что позволяет получить повышенное напряжение сигнала, подаваемого на вход оконечного каскада. Рабочая точка выходных транзисторов $1T_8$ и $1T_9$ определяется отношением сопротивлений резисторов $1R_{33}$ и $1R_{34}$ и напряжением на дио-

де $1Д_1$. При заданных параметрах делителя ток покоя усилителя мощности лежит в пределах 5—10 мА. Благодаря большому коэффициенту усиления и наличию глубокой отрицательной обратной связи в широкой полосе частот искажения типа «ступенька» практически незаметны. Коэффициент нелинейных искажений усилителя

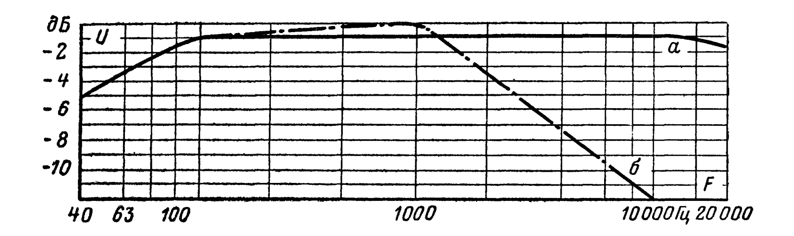


Рис. 5. Частотные характеристики усилителя мощности.

Кривая *а* — при выведенном резисторе $1R_{26}$; кривая *б* — при введенном резисторе $1R_{26}$.

мощности на частоте 400 Гц не превышает 1%. Его частотные характеристики при сопротивлении нагрузки 4 Ом показаны на рис. 5. В случае необходимости симметрия плечей усилителя мощности может осуществляться подбором резистора $1R_{30}$ в цепи смещения транзистора $1T_5$, а ток покоя усилителя — подбором резистора $1R_{33}$.

Сигнал на вход усилителя поступает через резистор $1R_{25}$, который значительно уменьшает нелинейность входного сопротивления усилителя. Между точкой соединения резисторов $1R_{22}$ и $1R_{25}$ и общим проводом включен регулятор тембра — переменный резистор $1R_{26}$. Влияние регулятора тембра на частотную характеристику показано на рис. 5, *б*. Измерения частотных характеристик производились при выходном напряжении 0,2 В на частоте 1000 Гц.

В режиме записи регулятор тембра используется в качестве регулятора уровня громкости. В этом случае с выхода универсального усилителя на движок резистора $1R_{26}$ сигнал подается через резистор $1R_{23}$. В результате ограничивается уровень сигнала на входе усилителя, а следовательно, и потребляемая им мощность, что особенно важно при работе магнитофона от батареи, бывшей в употреблении. В противном случае изменение напряжения питания при большой громкости могло бы повлиять на качество записи.

Конденсатор $1C_{17}$ уменьшает проникновение напряжения генератора тока подмагничивания и стирания в усилитель мощности и, кроме того, выравнивает частотную характеристику сигнала в области высших частот, делая звучание при слуховом контроле записываемого сигнала более естественным.

Генератор тока стирания и подмагничивания собран на транзисторе T_2 и настроен на частоту 70 кГц. Для повышения стабильности работы и улучшения формы генерируемых колебаний в эмиттерную цепь транзистора включен резистор $1R_4$, создающий отрицательную обратную связь по току в этом каскаде. Регулировка тока подмагничивания осуществляется подстроечными резисторами R_9 и R_{10}. Последовательно с ними включены добавочные резисторы R_{11}

и R_{12}. Они предотвращают короткое замыкание записываемого сигнала через обмотку трансформатора генератора стирания и улучшают плавность регулировки тока подмагничивания благодаря сужению диапазона его регулировок. Сопротивления этих резисторов выбираются для каждого конкретного типа головок и могут значительно отличаться от значений, указанных на схеме.

Благодаря хорошим свойствам транзистора T_2, его широкополосности и большому коэффициенту усиления удалось отказаться от конденсатора в цепи обратной связи возбуждения (параллельно R_{15}). Конденсатор C_3 замыкает токи высокой частоты и защищает усилители от наводок высокочастотного подмагничивания по цепям питания. Конденсатор C_2 образует колебательный контур со вторичной обмоткой трансформатора Tp_1 и определяет частоту генерации, которая также зависит от индуктивности стирающей головки. Генератор обеспечивает ток стирания не менее 90 мА и токи подмагничивания не менее 0,5 мА в каждом канале. Питается он от параметрического стабилизатора напряжения на элементах T_1, C_1, R_{20}, R_{21} и $Д_1$ и потребляет ток около 15 мА. Питание генератора стабилизированным напряжением особенно важно, так как выходное напряжение и токи подмагничивания LC-генератора пропорциональны питающему напряжению. Параметры канала записи, такие, как частотная характеристика, чувствительность, отношение сигнал/шум и нелинейные искажения, сильно зависят от выбора рабочей точки ленты, т. е. от величины тока высокочастотного подмагничивания. Собственно, регулировка канала записи в основном сводится к выбору тока подмагничивания. При малейшем изменении этого тока достигнутая гармония нарушается, например изменение тока высокочастотного подмагничивания на 10% приблизительно в два раза изменяет уровень остаточного магнитного потока на верхнем краю рабочего диапазона частот, а коэффициент третьей гармоники может увеличиться на 1%. Поэтому стабилизация питающего напряжения генератора подмагничивания имеет принципиальное значение.

С другой стороны, питание от стабилизатора универсального усилителя позволяет стабилизировать коэффициент усиления всех каскадов усилителя, глубину обратной связи и частотной коррекции. Изменение напряжения питания в этом случае привело бы к некоторому изменению частотной характеристики универсального усилителя, его чувствительности и отношения сигнал/шум. Кроме того, стабилизатор подавляет помехи по цепям питания от двигателя и усилителя мощности. Его применение позволяет получить широкий динамический диапазон магнитофона. Несмотря на использование однозвенного фильтра, включающего элементы $1R_{10}$, $1C_1$ и $1C_5$, усилитель работает стабильно в широком диапазоне частот. От этого фильтра питаются оба канала усилителя. Минимальное число звеньев фильтра стало возможным благодаря низкому выходному сопротивлению стабилизатора. Конденсатор $1C_{11}$ уменьшает его выходное сопротивление в области высоких частот. Одним словом, применение стабилизатора в схеме магнитофона позволяет получить хорошие электроакустические параметры канала запись — воспроизведение и высокую стабильность этих параметров при изменении питающего напряжения в широких пределах. При снижении напряжения ниже порога стабилизации стабилитрона $Д_1$ транзистор T_1 работает как RC-фильтр с эквивалентной емкостью 2500 мкФ и эквивалентным сопротивлением, равным примерно 40 Ом.

Выпрямители сигнала, подаваемого на индикатор $ИП_1$, собраны на диодах $Д_2$ и $Д_3$ ($Д_4$ и $Д_5$ во втором канале). Время интеграции индикатора равно 250 мс, время обратного хода 1,5 с. Чувствительность индикатора в режиме записи регулируют подстроечным резистором R_{19}, балансировку уровней сигналов по каналам производят резистором $1R_{24}$ (в правом канале усилителя включен постоянный резистор $2R_{24}$ сопротивлением 4,7 кОм). В режиме воспроизведения прибор $ИП_1$ используется для контроля напряжения питания. Его чувствительность в этом случае регулируют подстроечным резистором R_{17}.

До сих пор речь шла в основном об элементах, установленных на печатной плате, однако некоторые элементы размещены на других деталях конструкции. Делитель входных напряжений на резисторах R_1—R_8 размещен непосредственно на входных разъемах $Ш_1$ и $Ш_2$. Он обеспечивает деление входных напряжений от трансляции звукоснимателя и приемника с целью снижения уровня сигнала до 150 мкВ, необходимого для нормальной работы усилителя в режиме записи. При записи от трансляционной линии делитель направляет монофонический сигнал на оба стереканала, не ухудшая, однако, коэффициента переходного затухания в стереофоническом режиме, несмотря на то что коммутация входных цепей в магнитофоне не предусмотрена.

В табл. 3 указаны значения постоянных напряжений на электродах транзисторов и в узловых точках схемы в режиме записи, измеренных авометром ТЛ-4 относительно корпуса.

В табл. 4 указаны значения переменных напряжений на электродах транзисторов и в узловых точках схемы в режиме воспроизведения. Измерения производились относительно корпуса милливольтметром с входным сопротивлением 400 кОм при подаче от звукового генератора сигнала с напряжением 0,5 В, частотой 1000 Гц на вход усилителя в соответствии с рис. 4, *а*.

В табл. 5 указаны значения переменных напряжений на электродах транзисторов и в узловых точках схемы в режиме записи. На микрофонный вход усилителя подавался сигнал с напряжением 150 мВ, частотой 1000 Гц через резистивный делитель напряжения (см. рис. 4, *б*). Измерения производились относительно корпуса милливольтметром с входным сопротивлением 400 кОм.

Конструкция и детали

В магнитофоне «Селигер-3» применены головки от магнитофона «Вильма-стерео»: универсальная — WY435Y2K05N и стирающая — WY240X2K27N. Универсальная головка имеет индуктивность 100 мГ, сопротивление обмотки постоянному току равно 240 Ом, ширина рабочего зазора 2 мкм. Она может быть заменена на любую другую головку из серии WY435Y. Стирающая головка имеет индуктивность примерно 0,3 мГ на частоте 70 кГц и сопротивление постоянному току 1,6 Ом; ток стирания 90 мА. Ее можно заменить любой головкой из серии WY240X. В случае применения головок других типов потребуется корректировка схемы усилителя или генератора стирания и подмагничивания. В усилителе применяются постоянные резисторы типа ВС-0,125 или МЛТ-0,125, МЛТ-0,25, подстроечные резисторы СПЗ-1а, конденсаторы типов МБМ, БМ, КСО, ПМ-1(С2), К50-6 и керамические. Переключатели $1В_1$ и $2В_1$ — уни-

Таблица 3

Электрод	Напряжение, В											
	$1\text{-}T_1$	$1\text{-}T_2$	$1\text{-}T_3$	$1\text{-}T_4$	$1\text{-}T_5$	$1\text{-}T_6$	$1\text{-}T_7$	$1\text{-}T_8$	$1\text{-}T_9$	T_1	T_2	$1\text{-}C_1$
Эмиттер	3,3	1,4	0,25	3,8	0,1	5,5	5,3	9,0	5,5	7,1	0,24	6,0
База	—	1,8	0,8	4,3	0,7	5,6	5,2	8,9	5,3	7,7	0,13	—
Коллектор	1,8	3,3	4,3	7,1	5,4	8,9	0	5,5	0	9,0	6,9	—

Таблица 4

Электрод	Напряжение, мВ								
	$1\text{-}T_1$	$1\text{-}T_2$	$1\text{-}T_3$	$1\text{-}T_4$	$1\text{-}T_5$	$1\text{-}T_6$	$1\text{-}T_7$	$1\text{-}T_8$	$1\text{-}T_9$
Эмиттер	—	18	—	720	—	1000	1020	—	1000
База	0,5	—	10	720	2,5	1020	1050	146	1020
Коллектор	—	10	720	—	1050	146	—	1000	—

Таблица 5

Электрод	Напряжение, мВ												
	$1\text{-}T_1$	$1\text{-}T_2$	$1\text{-}T_3$	$1\text{-}T_4$	$1\text{-}T_5$	$1\text{-}T_6$	$1\text{-}T_7$	$1\text{-}T_8$	$1\text{-}T_9$	T_2	$ГУ_1$	$ГС_1$	C_2
Эмиттер	—	5,6	—	340	—	85	110	—	85	0,32 В	—	—	—
База	0,15	—	3,8	—	0,7	112	115	85	110	1,4 В	4 В	10 В	21 В
Коллектор	—	3,8	—	—	115	85	—	85	—	5,5 В	—	—	—

Примечания: 1. Регуляторы уровня записи (тембра) установлены в положение максимального усиления.
2. При измерениях к усилителю подключают эквивалент громкоговорителя с сопротивлением 16 Ом.

фицированные, типа П2К. Один из них имеется в магнитофоне «Электроника-301».

Катушки индуктивности $1L_1$ и $2L_1$ изготовлены на базе контуров фильтра промежуточной частоты приемника «Сокол». Они установлены без экранов. Для улучшения коэффициентов заполнения на их каркасах удалены секционные перегородки. Каждая из катушек

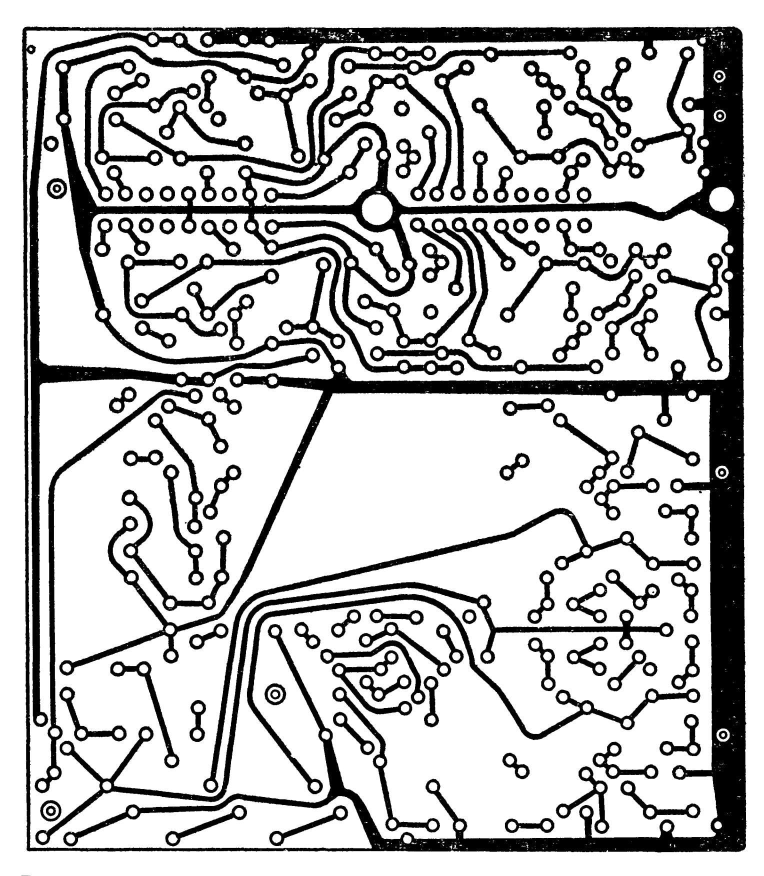


Рис. 6. Расположение печатных проводников на плате усилителя.

содержит 450 витков провода ПЭВ-2 0,09. Катушки $1L_2$ и $2L_2$ имеют аналогичную конструкцию; они заимствованы от магнитофона «Электроника-301». Для этого экраны на них повернуты на 180° вокруг оси катушки, а пятая (средняя) ножка удалена. Эти катушки намотаны проводом ПЭВ-2 0,06 и имеют по 800 витков. Трансформатор генератора стирания Tp_1 тоже заимствован от магнитофона «Электроника-301». Он намотан проводом ПЭВ-2 0,18 и помещен в броневой ферритовый сердечник ОБ-20 М2000НМ. Обмотка I содер-

жит 20, обмотка *II* — 90 витков с отводами от 10-го и 45-го витков, считая от верхнего (по схеме) конца.

Планка с выходными разъемами заимствована от магнитофона «Электроника-301». Перед установкой в магнитофон ее необходимо подготовить, освободив ножки разъемов от остатков провода и припоя. При этом нужно следить за тем, чтобы флюс не затекал в гнезда, что может привести к нарушению контакта с вилкой. Особое внимание необходимо обратить на защиту корпусов разъемов от перегрева при пайке, так как они изготовлены из термопластичной

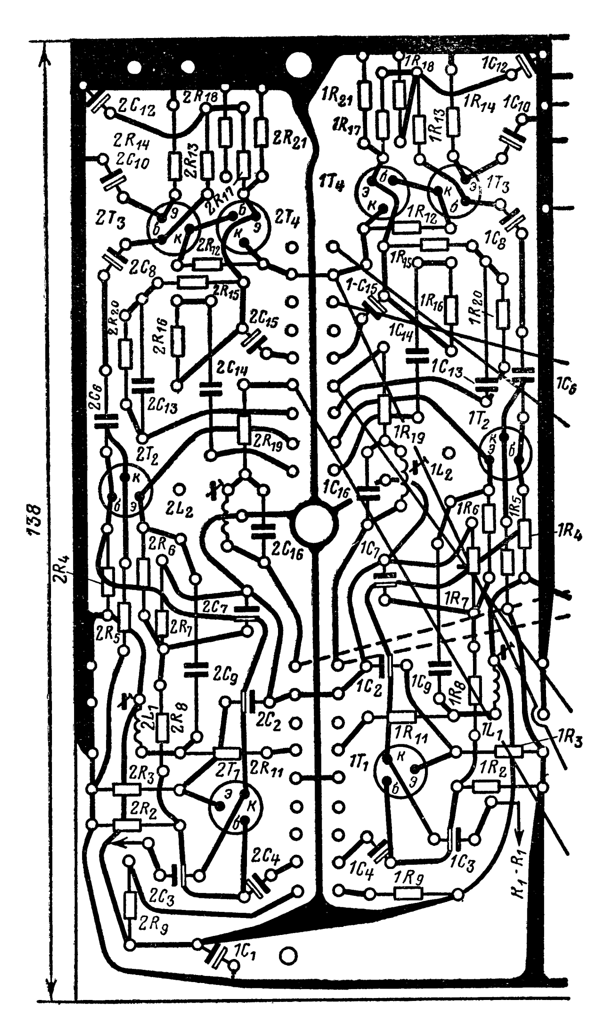
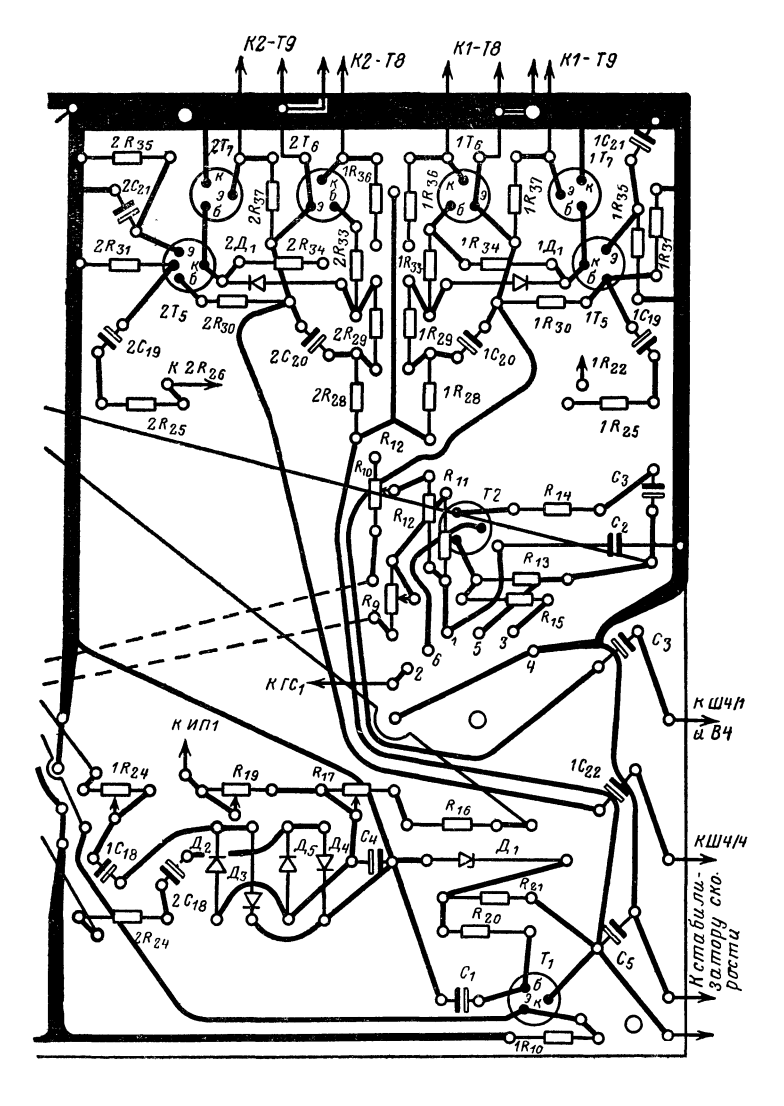


Рис. 7. Размещение элементов на плате усилителя.

пластмассы и подвержены деформации при нагревании. Вообще при установке элементов на печатную плату необходимо отрегулировать температуру паяльника. Стандартные паяльники мощностью 40—60 Вт лучше всего питать напряжением на 10—20% ниже номинального.

Чтобы снять с печатной платы многоконтактный переключатель или катушку **индуктивности, снимают** с экранированного провода



экранирующую оплетку и освобождают ее от ниток. Затем протягивают ее между двумя пальцами с тем, чтобы уплотнить и сплющить. Подготовленную таким образом оплетку смачивают жидким канифольным флюсом и прижимают паяльником к пайке, которую нужно освободить от припоя. Расплавленный припой будет всасываться оплеткой, как губкой. По мере наполнения ее передвигают

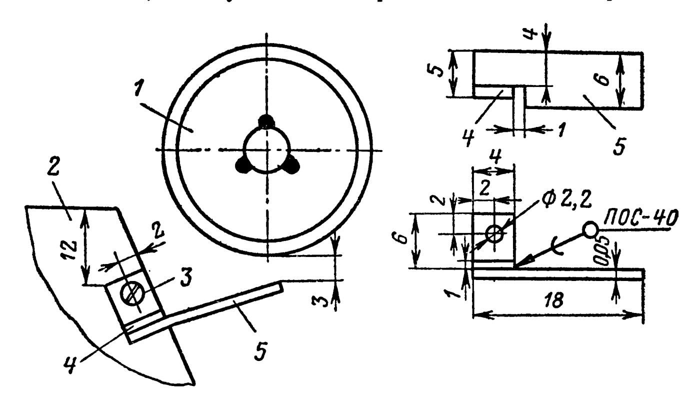


Рис. 8. Тормозное устройство.

1 — подкассетник подающего узла; *2* — каретка; *3* — винт М2Х4; *4* — угольник, Л62; *5* — тормоз, БрОФ6,5 — 0,15.

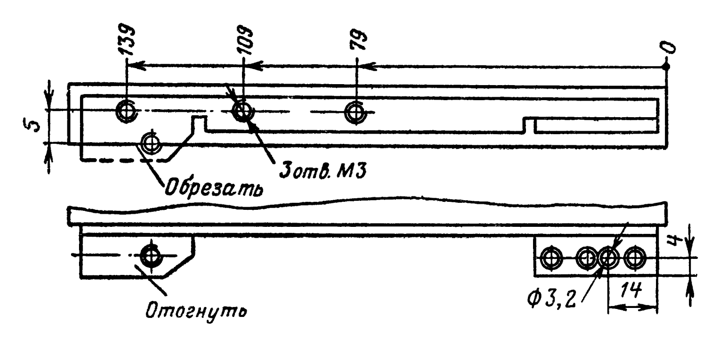


Рис. 9. Доработка шасси лентопротяжного механизма.

до тех пор, пока пайка полностью не освободится от припоя. Так последовательно, одну за другой, освобождают от припоя ножки элемента. Их не следует касаться паяльником, так как при этом резко увеличивается теплоотдача и корпус изделия может оплавиться.

Элементы электрической схемы магнитофона, за исключением некоторых (о чем будет сказано ниже), размещены на печатной плате размерами 158Х138 мм из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм или гетинакса. Выводы элементов размещают в узлах координатной сетки с шагом 2,5 мм, за исключением отверстий под

переключатель и под катушки индуктивности. Расположение печатных проводников на плате показано на рис. 6, а элементов — на рис. 7.

В лентопротяжный механизм магнитофона «Электроника-301» внесены незначительные изменения. Для улучшения прилегания ленты к головкам в режимах записи и воспроизведения на каретке с головками установлен простейший тормоз (рис. 8), который прижимается к подкассетнику *1* подающего узла при подаче головок вперед (к ленте). В результате увеличения натяжения ленты уменьшается паразитная амплитудная модуляция сигнала, которая особенно заметна на высших частотах рабочего диапазона. Кроме того, значительно повышаются устойчивость траектории движения ленты и параллельность магнитного штриха фонограммы рабочему зазору универсальной головки, что особенно важно для взаимозаменяемости записей.

Для соединения шасси лентопротяжного механизма с печатной платой уголок, приваренный к левой стороне шасси, доработан, как показано на рис. 9.

Выходные транзисторы усилителя $1T_8$, $1T_9$, $2T_8$ и $2T_9$ размещены на алюминиевом угольнике-теплоотводе *6* (рис. 10). Транзисторы $1T_9$ и $2T_9$ закреплены на боковой (по рисунку) стенке теплоотвода с помощью фланцев *9* и винтов М3, транзисторы $1T_8$ и $2T_8$ — на его верхней стенке через слюдяные прокладки толщиной 0,05 мм. Для крепления этих транзисторов использованы стандартные фланцы, поставляемые в комплекте с транзисторами, винты М3 и резьбовые втулки *8*.

Стойка *7* одновременно использована в качестве оси, на которой поворачивается рычаг (детали *10* и *11*), передающий усилие от клавиши *Запись* к переключателю рода работ, смонтированному на печатной плате. Рычаг изготовлен из имеющегося в магнитофоне. Связь рычага с клавишей *Запись* осуществляется штифтом *11* и планкой (детали *12* и *13*), закрепленной на ней. Планка изготовлена из имеющейся для этой цели в магнитофоне.

Чертеж кронштейна, на котором установлены измерительный прибор $ИП_1$ и переменные резисторы $1R_1$, $2R_1$ и $1R_{26}$, $2R_{26}$, показан на рис. 11 (деталь *14*). В качестве регулятора тембра в магнитофоне применен переменный резистор СПЗ-4д (группа В). Еще один такой же резистор применен в качестве регулятора уровня ($1R_1$ и $2R_1$). Для удобства пользования магнитофоном (в нем нет регулятора стереобаланса) этот резистор доработан таким образом, что усиление можно регулировать раздельно в каждом канале.

Ввиду того что изготовление сдвоенного потенциометра — операция трудоемкая, вниманию читателей предлагается несколько вариантов замены. Самым простым вариантом является замена потенциометров с раздельной регулировкой в каналах потенциометрами сдвоенными, т. е. соединенными одной осью. Таковыми являются СПЗ-4д. В этом случае раздельная регулировка усиления в стереоканалах отсутствует, но это не мешает при воспроизведении высококачественных записей, так как каналы идентичны. Возможен и другой вариант, когда устанавливают четыре одинарных потенциометра типа СПЗ-4а, подобных тем, что применяются в магнитофоне «Электроника-301». Однако лучшим вариантом следует считать применение двух одинарных потенциометров типа СПЗ-4а для регуляторов уровня и одного сдвоенного потенциометра типа СПЗ-4д для регулировки тембра. Два последних варианта требуют переделки шильдика.

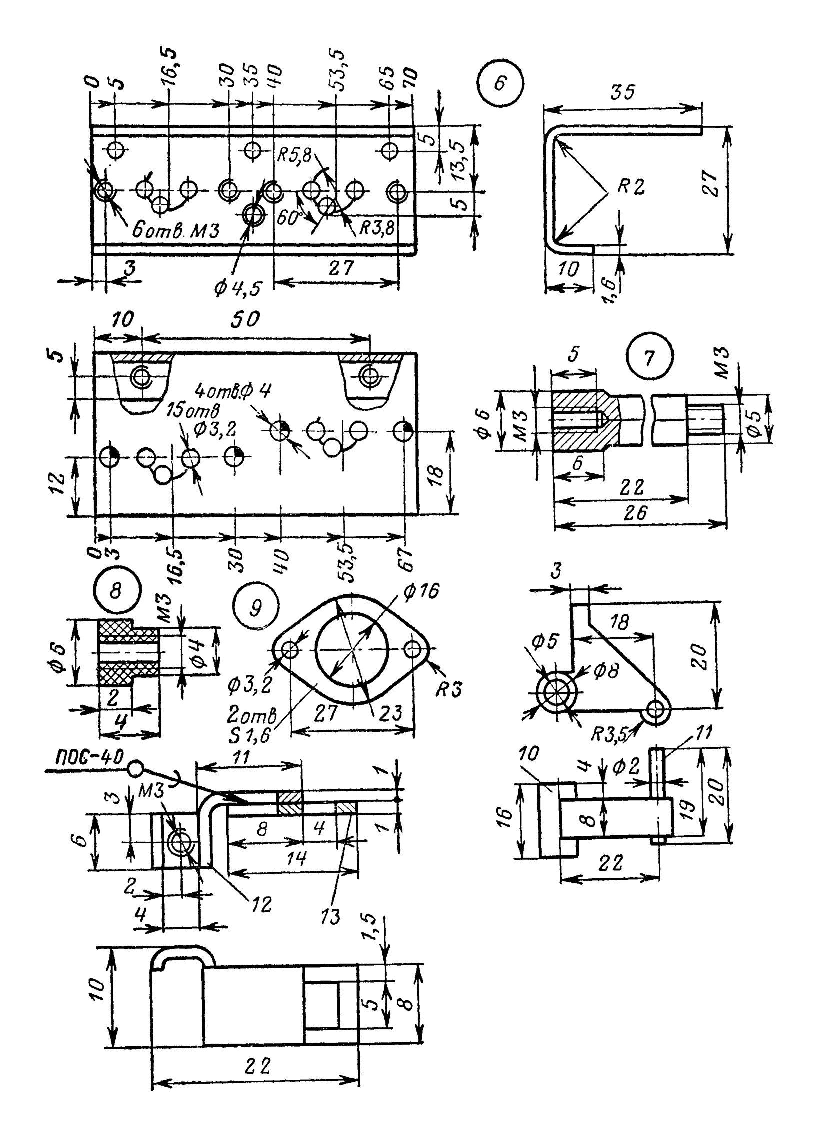


Рис. 10. Детали магнитофона.

6 — теплоотвод, АМцА-П; *7* — стойка, ЛС59-1; *8* — втулка резьбовая, винипласт (органическое стекло) 4 шт.; *9* — фланец, Д16А-Т, 2 шт.; *10* — рычаг; *11* — штифт, сталь; *12* — угольник, изогнуть в соответствии с чертежом; *13* — планка, Л62, паять к детали *12* припоем ПОС-40.

Можно использовать потенциометры других типов, например СП3-12г, группа В — 47 кОм (или 22 кОм). При этом увеличиваются высота ручек и несколько затрудняется установка потенциометров над печатной платой, так как они имеют большие размеры.

Со стороны печатных проводников монтажная плата закрыта электростатическим экраном *17* (рис. 11), изготовленным из фоль-

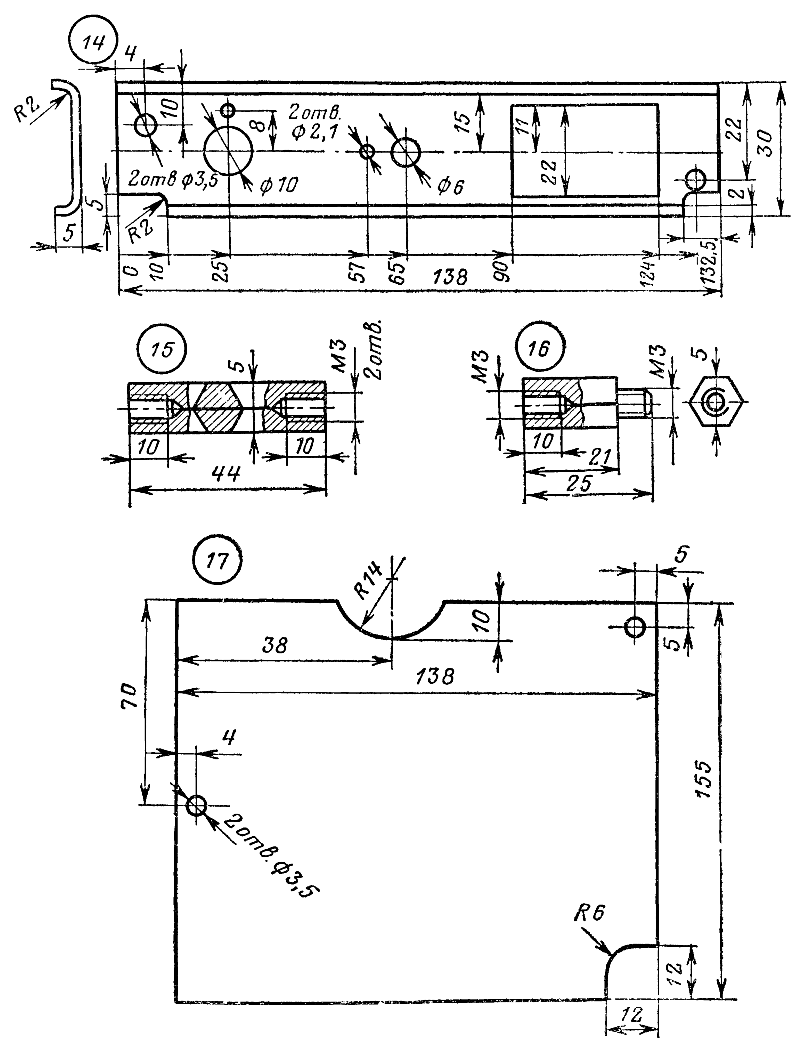


Рис. 11. Детали магнитофона.

14 — кронштейн, АМцА-П; *15*, *16* — стойки, пруток шестигранный, ЛС59-1; *17* — экран, гетинакс фольгированный.

тированного гетинакса толщиной 1 мм. Экран закреплен (фольгой наружу) с помощью винтов М3 на печатной плате магнитофона. Между экраном и платой проложены изоляционные шайбы толщиной 1,5 мм. Фольга экрана электрически соединена с шасси лентопротяжного механизма и общим проводом электрической части магнитофона.

Сборка

На рис. 12, *а, б* показана сборка усилителя с лентопротяжным механизмом магнитофона.

После установки выходных транзисторов на угольнике *6* его приворачивают к печатной плате усилителя при помощи двух винтов М3×5. Один из этих винтов использован также и для закрепления электростатического экрана *17* (см. рис. 11). Соединение транзисторов с печатной платой производят одножильным медным проводом в виниловой изоляции. Угольник приворачивают к шасси лентопротяжного механизма при помощи трех винтов М3. Угольник отводит тепло от мощных транзисторов на шасси механизма, поэтому при сборке необходимо обеспечить надежный тепловой (и электрический) контакт между этими деталями. Для этой цели могут быть использованы свинцовая фольга или смазка Циатим-201. Печатная плата соединяется с шасси механизма еще и стойкой *7* (см. рис. 10) с надетым на нее рычагом *10*. Шасси крепится к этой стойке при помощи стойки *16*. Кронштейн *14* устанавливают на стойки *15* и *16* при помощи винтов М3. Перед установкой кронштейна на стойки на нем должны быть установлены регуляторы уровня *18* и тембра *19*. Между регулятором уровня и кронштейном установлена гетинаксовая планка *20* с резисторами делителя линейного выхода $1R_{27}$ и $2R_{27}$. Она прижимается к кронштейну корпусом потенциометра. Индикатор *21* устанавливают в гнездо *22* в последнюю очередь. Прилегание его к корпусу магнитофона обеспечивается прокладками из пенополиуретана *23*.

Монтаж

По окончании механической сборки магнитофона производят электрический монтаж. Соединения внутри печатной платы выполняют одножильным медным проводом в виниловой изоляции диаметром 0,5 мм. Для соединений с разъемами, блоком питания, громкоговорителем и индикатором применяется гибкий многожильный провод марки МГШВ-0,14. Стирающая головка соединена с трансформатором $Тр_1$ многожильным экранированным проводом, оплетка которого припаяна с одной стороны к выводу головки, а с другой — к общему проводу печатной платы. Поверх оплетки надета поливинилхлоридная трубка, исключающая возможность замыкания оплетки с какими-либо другими цепями магнитофона. Для соединения контактов переключателей $1В_1$ и $2В_1$ (секция *г*) с подстроечными резисторами R_9 и R_{10} использованы два экранированных провода, также помещенных в поливинилхлоридную трубку. С общим проводом магнитофона оплетки соединены на плате (с секцией *г* переключателя). Таким же образом выполнено соединение переключателя рода работ с универсальной головкой $ГУ_1$. Однако в этом случае в одну поли-

винилхлоридную трубку помещены два двойных экранированных провода, изготовленных из провода марки МГТФ-0,07. Для уменьшения взаимных наводок провода каждого канала имеют самостоятельную экранировку. Экранирующие оплетки заземлены с одного конца на переключателях $1В_1$ и $2В_1$ (секция *г*). Во всех случаях нужно стремиться к тому, чтобы длина проводов без экрана была минимальной.

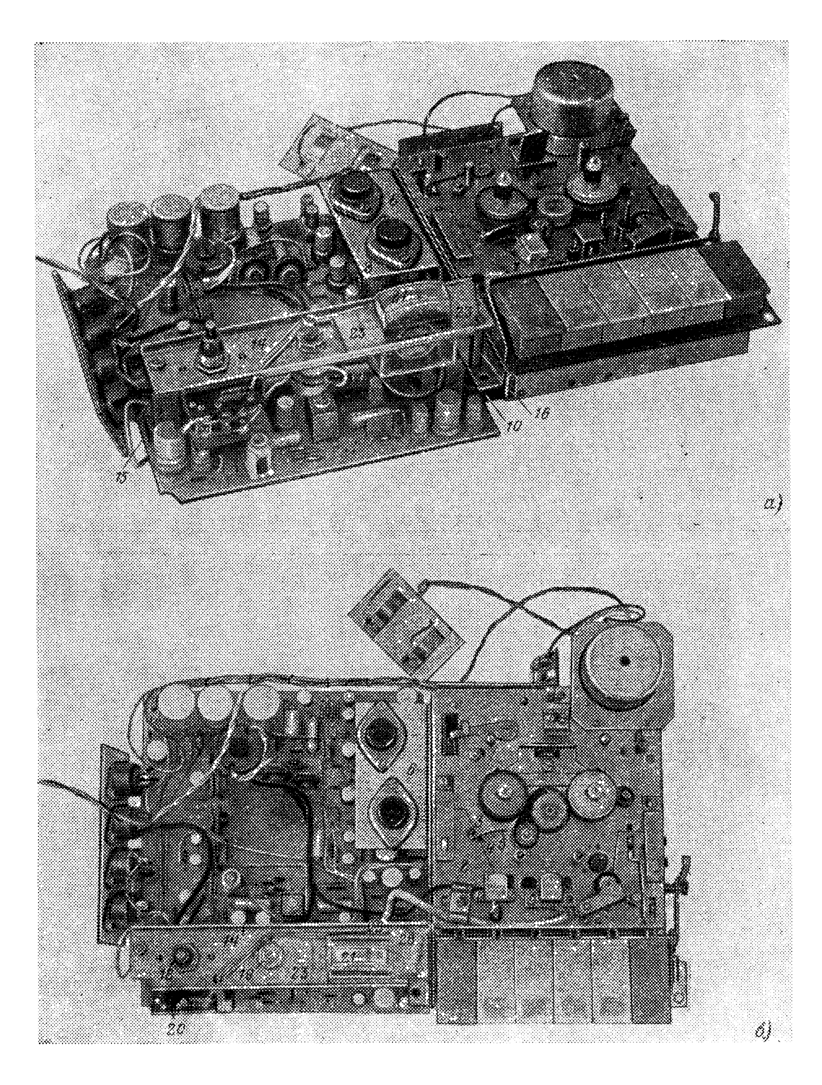


Рис. 12. Сборка усилителя с лентопротяжным механизмом.

Регулировка

Налаживание магнитофона начинают с проверки правильности монтажа. Затем автометр типа ТЛ-4 (или аналогичный), переключенный в режим измерения сопротивлений, подключают с соблюдением полярности сначала параллельно конденсатору C_5, а затем к конденсатору $1C_{11}$. В первом случае прибор должен показать сопротивление примерно 60 Ом, во втором 10 кОм. После этого в цепь питания включают миллиамперметр и проверяют ток, потребляемый магнитофоном в режиме воспроизведения при отключенном электродвигателе. Он не должен превышать 30 мА. При подключении к усилителям громкоговорителей должен прослушиваться негромкий ровный шум (проверку производят с установленным на место экраном *17*). Затем подключают двигатель, размагничивают головки при помощи размагничивающего дросселя, вставляют кассету с магнитофильмом фирмы «Мелодия» и, включив магнитофон в режим воспроизведения, проверяют работу регуляторов громкости и тембра.

Положение универсальной магнитной головки по отношению к ленте по высоте регулируют набором шайб, а по углу наклона — с помощью регулировочной гайки, добиваясь максимального уровня высших частот в звучании магнитофона.

Далее вставляют кассету с чистой лентой и проверяют работу магнитофона при записи с микрофона. Если микрофон монофонический, то для проверки работы обоих каналов в его вилке следует соединить перемычкой контакты *1* и *4*. Сделав пробную запись и убедившись в работоспособности усилителей, перематывают ленту, устанавливают регулятор уровня в положение, соответствующее минимальному сигналу, и стирают запись. При отсутствии стирания (в этом случае и запись звучит с большими искажениями) необходимо проверить правильность подключения выводов трансформатора Tp_1, особенно выводов *5* и *6* (см. рис. 2).

После такой проверки движки всех подстроечных резисторов устанавливают в среднее положение, а переменного резистора $1R_1$ ($2R_1$) — в положение минимальной громкости.

Переключив магнитофон в режим записи, измеряют напряжения на электродах транзисторов; они должны соответствовать указанным в табл. 3 значениям.

Канал воспроизведения легче всего регулировать по измерительной ленте, воспроизводя фонограмму с записью сигнала частотой 400 Гц и остаточным магнитным потоком 160 нВб/м. При этом напряжение на линейном выходе должно быть не менее 500 мВ. Отметив положение ручек регуляторов громкости, соответствующее напряжению 400 мВ, считают его номинальным, затем настраивают контуры $1L_1$, $1C_9$ и $2L_1$, $2C_9$ на частоту 14 кГц и проверяют частотные характеристики магнитофона при воспроизведении измерительной ленты (кривая *а* на рис. 13). При этом дополнительно корректируют положение универсальной головки, добиваясь максимума отдачи на высших частотах рабочего диапазона.

При отсутствии измерительной ленты ее можно заменить записью, сделанной на монографическом магнитофоне «Электроника-301». Ориентируясь по индикатору магнитофона, производят запись с максимальным уровнем и частотой 400 Гц. После этого входное напряжение уменьшают на 20 дБ и производят запись на частотах 40, 63, 80, 125, 250, 400, 1000, 2000, 4000, 6300, 8000 и 10 000 Гц. Воспроизводят полученную запись и вычисляют поправки

для каждой записанной частоты по отношению к уровню на частоте 400 Гц. Затем производят повторную запись, вводя необходимые поправки таким образом, чтобы при воспроизведении получилась прямая характеристика. Полученную запись можно использовать в качестве рабочей. При этом необходимо помнить, что канал воспроизведения магнитофона «Электроника-301» допускает некоторые отклонения частотной характеристики от прямой.

При использовании универсальной магнитной головки WY435Y2K05N канал воспроизведения практически не требует дальнейшей регулировки. Если же применена другая головка, например 3Д24Н (также устанавливаемая в магнитофонах «Вильма-стерео»),

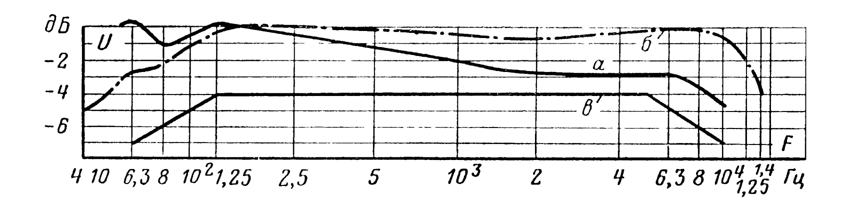


Рис. 13. Частотные характеристики магнитофона.

Кривая *а* — в режиме воспроизведения; кривая *б*—канала записи — воспроизведения; кривая *в* — допуск по ОСТ 4.ОКО.010.009.

то необходимо подобрать резисторы $1R_{20}$ ($2R_{20}$), $1R_{11}$ ($2R_{11}$) и конденсатор $1C_9$ ($2C_9$), корректируя ими частотную характеристику в области низших, высших и средних частот соответственно.

После этого в магнитофон вставляют кассету без магнитной ленты (но со шторкой-экраном) и, установив ручки регуляторов уровня в номинальное положение, измеряют относительный уровень помех в канале воспроизведения (отдельно в каждом стереоканале). Если он хуже — 48 дБ, а стрелка милливольтметра, подключенного к линейному выходу магнитофона, колеблется, то транзистор $1T_2$ ($2T_2$) необходимо заменить другим, с меньшим коэффициентом шума. Следует помнить, что при измерении напряжения шумов электростатический экран *17* (см. рис. 11) должен быть установлен на свое место, а в непосредственной близости от магнитофона не должны находиться источники магнитных и электрических полей.

Вновь устанавливают кассету с измерительной лентой и воспроизводят запись максимального уровня 400 Гц со стандартным остаточным магнитным потоком 160 нВб/м (установочный уровень — часть «у»). Подключив к выходу усилителя эквивалент нагрузки (сопротивлением 4 Ом) и вход усилителя вертикального отклонения луча осциллографа, увеличивают уровень входного сигнала до тех пор, пока не начнется ограничение выходного напряжения. Неискаженное напряжение должно быть не менее 2,8 В при напряжении источника питания 12 В. Диаграммы выходных напряжений показаны на рис. 14. При наличии искажений типа «ступенька» (рис. 14, *а*) подбирают резистор $1R_{33}$ ($2R_{33}$), в случае несимметричного ограничения выходного сигнала (рис. 14, *б*) подбирают резистор $1R_{30}$ ($2R_{30}$) в цепи смещения транзистора $1T_5$ ($2T_5$). Затем к выходам

усилителей подключают громкоговорители и, воспроизведя эталонную запись сигнала частотой 10 кГц, проверяют действие регуляторов тембра. Глубина регулировки должна быть не меньше 10 дБ. После этого при напряжении питания 7 В калибруют индикатор $ИП_1$. При помощи подстроечного резистора R_{17} его указатель устанавливают точно на границу секторов шкалы.

Переключив магнитофон на запись, ставят кассету с чистой лентой и настраивают заградительные фильтры $1L_2$, $1C_{16}$ и $2L_2$, $2C_{16}$ на частоту генератора стирания подстроечными сердечниками катушек по максимуму напряжения на универсальной магнитной головке в обоих стереоканалах. Затем на вход, предназначенный для записи от звукоснимателя (соединив предварительно перемычкой контакты *3* и *5* разъема $Ш_1$), подают сигнал с напряжением 15 мВ,

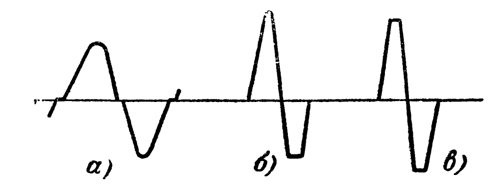


Рис. 14. Диаграммы выходных напряжений.

а — искажения типа «ступенька»; *б* — несимметричное ограничение; *в* — симметричное ограничение.

частотой 400 Гц; изменяя сопротивление резисторов R_9 и R_{10}, делают пробные записи и подбирают оптимальные токи подмагничивания по максимуму напряжения на линейном выходе при воспроизведении записанного сигнала. Если пределы регулировки тока с помощью резисторов R_9 и R_{10} недостаточны, следует подобрать включенные последовательно с ними резисторы R_{11} и R_{12}.

Далее регуляторы уровня устанавливают в номинальное положение и записывают сигнал частотой 400 Гц с таким уровнем, чтобы при воспроизведении напряжение на линейном выходе было равно 400 мВ. Уровень сигнала, подаваемого на вход магнитофона, регулируют при помощи регулятора выходного напряжения звукового генератора. После того как установлен номинальный ток записи, который соответствует максимальному уровню записи (установочному уровню), не изменяя уровня входного сигнала, производят регулировку индикатора уровня записи. Для этого с помощью подстроечного резистора R_{19} устанавливают стрелку индикатора на линию раздела секторов.

Выравнивание напряжений сигналов, подаваемых на индикатор уровня записи от обоих стереоканалов, производят следующим образом. Напряжение частотой 400 Гц, соответствующее максимальному уровню записи, подают вначале на вход правого (контакт *5* разъема $Ш_1$), а затем — левого канала (контакт *3* того же разъема) и с помощью подстроечного резистора $1R_{24}$ добиваются того, чтобы в обоих случаях стрелка прибора $ИП_1$ устанавливалась в одно и то же положение. После этого следует проверить и при необходимости подкорректировать с помощью резистора R_{19} положение стрелки прибора, соответствующее максимальному уровню записи.

В последнюю очередь записывают сигналы частотой 1000 и 10 000 Гц, и напряжением, на 20 дБ меньшим соответствующего максимальному уровню записи. Воспроизводят запись этих сигналов, измеряя напряжение на линейном выходе. Если напряжение второго из них больше первого, то увеличивают ток подмагничивания до тех пор (делая пробные записи), пока они не станут одинаковыми. Если же большим окажется напряжение частотой 1000 Гц, следует перестроить контур $1L_1$, $1C_9$ ($2L_1$, $2C_9$) на более низкую частоту, хотя это и сузит несколько рабочий диапазон частот. Вообще можно было бы в этом случае несколько уменьшить ток подмагничивания, но этого делать не следует, так как в результате неизбежно увеличатся нелинейные искажения и относительный уровень шумов при записи.

На рис. 13 показаны частотные характеристики магнитофона «Селигер-3». Сплошная линия соответствует характеристике канала воспроизведения, штрихпунктирная — канала записи — воспроизведения.

Испытания магнитофона

По окончании регулировки магнитофона его подвергают испытаниям. Ниже описаны методы испытаний, доступные в радиолюбительской практике. Перед началом испытаний необходимо подготовить комплект измерительных приборов и инструментов:

1) тестер ТЛ-4 или аналогичный ему. При измерении режимов транзисторов по постоянному току необходимо проводить измерения на возможно более высоковольтном пределе, чтобы увеличить входное сопротивление прибора и уменьшить погрешность, вносимую им при измерении;

2) милливольтметр переменного тока типа В3-13 с пределами измерения от 3 мВ до 300 В и входным сопротивлением не менее 500 кОм;

3) секундомер;

4) звуковой генератор типа Г3-33 или аналогичный ему с диапазоном частот 20 — 200 000 Гц;

5) осциллограф типа ЭО-7 или другого типа с чувствительностью усилителя вертикального отклонения 1 мм/мВ;

6) размагничивающий дроссель. В качестве дросселя можно использовать выходной трансформатор от телевизора (ТВК) или любой силовой трансформатор мощностью 30—50 Вт со снятыми перемычками сердечника. Включают его на время 5—10 с. При размагничивании используется первичная (сетевая) обмотка трансформатора;

7) измерительная лента. В случае отсутствия таковой ее можно изготовить самостоятельно по методике, изложенной в разделе «Регулировка»;

8) мерный отрезок. Его изготовляют следующим образом. Ленту перематывают на левый сердечник кассеты. Затем наматывают на правый сердечник кассеты несколько метров ленты. Наносят на рабочий слой ленты цветную метку или удаляют в этом месте рабочий слой. Затем отмеряют любым способом, обеспечивающим необходимую точность, отрезок ленты, равный 476±1 см, сматывая ее с левого сердечника. Наносят вторую метку и наматывают ленту на тот же сердечник;

9) комплект соединительных кабелей;

10) спирт и медицинская вата для промывки деталей магнитофона;

11) кассета с чистой лентой типа PE-65. В случае использования ленты, бывшей в употреблении, ее необходимо размагнитить дросселем;

12) кассета без ленты, но с магнитной шторкой;

13) лабораторный автотрансформатор (ЛАТР-2).

Теперь необходимо подготовить аппарат к испытаниям. Сначала размагничивают дросселем головки магнитофона, при этом дроссель следует включать и выключать на расстоянии не менее 1 м от магнитофона. Включенный дроссель подносят к головкам, делают несколько круговых движений и относят от магнитофона. Затем детали фильмового канала протирают спиртом.

Далее измеряют скорость движения ленты. Для этого в магнитофон устанавливают кассету с мерным отрезком и, включив магнитофон на воспроизведение, измеряют время прохождения мерного отрезка. Секундомером засекают появление меток на ленте в какой-нибудь одной точке, например на стирающей головке или в окошке кассеты. При появлении первой метки секундомер включают, а при появлении второй — останавливают. Измерения производят в начале и в конце кассеты, для чего ее переворачивают. Мерный отрезок должен пройти за 100 с$\pm$2%. Если отклонение скорости выходит за допустимые пределы, следует подрегулировать стабилизатор частоты вращения двигателя подстроечным резистором, установленным на плате стабилизатора. Если скорость в начале и в конце кассеты отличается более чем на 1%, необходимо промыть спиртом резиновые детали передачи механизма, произвести смазку подшипников, в случае необходимости заменить растянувшийся пассик и проверить кассету. Кассету перематывают дважды (вперед и назад) без остановки, чтобы лента уложилась без ступенек.

Затем проверяют правильность установки головок по высоте. При введении головок в кассету направляющие штыри каждой головки должны одновременно касаться краев ленты, не деформируя ее. При неправильном положении головок ухудшаются условия контакта их с лентой. Только при хорошем контакте ленты с головками можно получить устойчивость выходных электрических параметров.

После этого приступают к проверке канала воспроизведения. Сначала воспроизводят запись сигнала частотой 400 Гц, сделанную с максимальным уровнем. Измеряя напряжение линейного выхода магнитофона, устанавливают регуляторы уровня в номинальное положение, при котором напряжение линейного выхода $U_{\text{лин}}$ равно 400 мВ. Затем устанавливают кассету без ленты (но со шторкой) и измеряют напряжение шумов на линейном выходе в режиме воспроизведения $U_{\text{х.х.лин}}$. Отношение значений $U_{\text{лин}}/U_{\text{х.х.лин}}$, выраженное в децибелах, характеризует отношение сигнал/шум канала воспроизведения магнитофона. Измерения производят в каждом стереоканале отдельно при двух положениях сетевой вилки. За окончательный результат измерений принимают худший. Если отношение сигнал/шум получается неудовлетворительным, следует исключить влияние на магнитофон внешних электрических и магнитных полей, убедиться в наличии электрического контакта электростатического экрана *17* с корпусом. Рекомендуется найти наиболее выгодное положение магнитофона в пространстве, поворачивая его в руках и держась за его шасси. Тщательно проверяют правильность экранировки монтажа и точки заземления проводов.

Измерение выходной электрической мощности производят на эквиваленте нагрузки 4 Ом в каждом канале отдельно по методике, изложенной в разделе «Регулировка». При измерении выходной мощности питание магнитофона осуществляется от стабилизированного источника напряжением 12 В, обеспечивающего ток в нагрузке до 1 А.

Проверку частотной характеристики канала воспроизведения производят по измерительной ленте или по записи, специально сделанной на эталонном магнитофоне. Измерения производят на всех частотах рабочего диапазона, рекомендованных в разделе «Регулировка» — от 40 до 10 000 Гц. Напряжения линейного выхода, измеренные на этих частотах, сравнивают с напряжением на частоте 1000 Гц. Отношение выражают в децибелах. Регуляторы уровня должны быть установлены в номинальное положение.

Частотную характеристику усилителя мощности измеряют при помощи эталонной записи. Измерения производят на резисторе сопротивлением 4 Ом, включенном вместо громкоговорителя. Действие регулятора тембра оценивают на частоте 10 000 Гц. Перед началом измерения частотных характеристик канала воспроизведения угол наклона универсальной головки должен быть установлен по эталонной ленте (по максимуму напряжения на частоте 10 000 Гц).

В режиме воспроизведения индикатор показывает напряжение питания. Для проверки его показаний магнитофон подключают к питающей сети через лабораторный автотрансформатор, включают на воспроизведение без кассеты и, уменьшая напряжение на трансформаторе, контролируют питающее напряжение на гнездах разъема $Ш_3$. Когда оно уменьшится до 7 В, указатель индикатора должен установиться на границу секторов.

Проверку параметров канала записи — воспроизведения производят на той ленте, которая применялась при регулировке аппарата. Желательно использовать ленту типа PE-65 или BASF. Перед установкой в аппарат кассету следует подготовить к работе. Прежде всего ее размагничивают дросселем, проверяют состояние ленты и перематывают от начала до конца в обратную сторону с тем, чтобы она уложилась ровно, без ступенек. Если кассета была в употреблении и поверхность ленты загрязнена, ее необходимо очистить от пыли и грязи. Для этого ленту протирают ваткой, смоченной спиртом, при перемотке слегка прижимая ее универсальной головкой. Если же лента сильно изношена и на ее поверхности имеются следы от головок, лучше ее не применять при испытаниях, так как ее характеристики изменились, а осыпающийся магнитный слой налипает на головку и не позволяет получить хорошего контакта с лентой, что особенно важно при записи.

Проверку частоты генератора стирания и подмагничивания производят с помощью осциллографа по фигурам Лиссажу. Для этого на вход вертикального отклонения луча подают напряжение, снимаемое со стирающей головки через резистор сопротивлением 10 кОм. На вход горизонтального отклонения подают сигнал от звукового генератора. Частота подмагничивания должна быть примерно 70 кГц.

Проверку расположения дорожек записи на ленте производят следующим образом. В режиме воспроизведения без кассеты поверхность универсальной головки закрывают полиэтиленовой пленкой и, слегка касаясь поверхности пленки, проводят стальной отверткой

вдоль направления движения ленты в области нижнего рабочего зазора головки, затем — в области верхнего. Регуляторы громкости должны быть установлены в положение максимальной громкости. В громкоговорителях должен прослушиваться характерный хлопок при прохождении отвертки над линией магнитного зазора. При возбуждении нижнего канала стереоголовки должен «откликаться» левый громкоговоритель, при возбуждении верхнего канала головки — правый громкоговоритель. Напомним, что нижний канал головки взаимодействует с наружными дорожками записи на ленте, верхний канал располагается ближе к середине ленты. В отличие от катушечных в кассетных магнитофонах стереоканалы записываются на

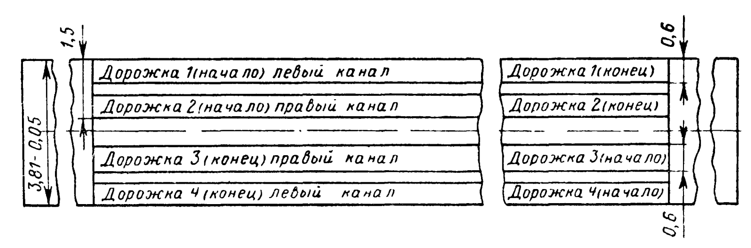


Рис. 15. Расположение дорожек записи на ленте.

соседних дорожках. Это способствует получению полной совместимости монофонической и стереофонической фонограмм, что является достоинством кассетных магнитофонов.

На рис. 15 показано расположение дорожек записи на ленте в кассете типа МК-60 в соответствии с рекомендациями МЭК. После проверки правильности распайки головки необходимо размагнитить ее с помощью дросселя. Далее на вход звукоснимателя [гнезда *3*, *5* и *2* разъема $Ш_1$ (см. рис. 2)] подают сигнал напряжением 500 мВ, частотой 400 Гц. Регулятором уровня записи выводят стрелку индикатора на границу секторов. Затем, не меняя входного напряжения, производят запись сначала по левому каналу (гнездо *3* разъема $Ш_1$), потом по правому (гнездо *5* того же разъема). При последующем воспроизведении должен звучать сначала левый, потом правый громкоговоритель.

Испытания синфазности каналов воспроизведения на линейном выходе производят по ленте, записанной на монофоническом кассетном магнитофоне. Для этого соединяют ножки *3* и *5* соединительного кабеля и измеряют напряжение линейного выхода в обоих каналах одновременно. Если оно мало отличается от напряжений каждого из каналов при разомкнутых ножках *3* и *5*, головки включены синфазно, если же вольтметр покажет значительно меньшее напряжение, следует поменять местами концы головки в одном из стереоканалов. Для проверки синфазности подключения громкоговорителей воспроизводят запись сигнала с частотой 200 Гц и максимальным уровнем, сделанную на монофоническом магнитофоне. Громкоговорители ставят рядом и направляют в одну сторону. Манипулируя регуляторами громкости магнитофона, воспроизводят сигнал сначала одним громкоговорителем, а затем двумя. При этом громкость должна увеличиться.

Синфазность каналов записи проверяют следующим образом. Записывают сигнал с частотой 400 Гц и максимальным уровнем сначала по левому каналу, затем по правому и, наконец, по обоим каналам одновременно. Полученную запись воспроизводят на монофоническом кассетном магнитофоне и измеряют напряжение на его линейном выходе. При воспроизведении третьего отрезка вольтметр должен показать сумму напряжений сигналов двух первых частей. Если прибор покажет разность этих напряжений, то следует проверить правильность распайки универсальной головки.

Проверку чувствительности индикатора уровня записи производят со входа звукоснимателя. Сигнал частотой 400 Гц и напряжением 500 мВ подают на вход обоих стереоканалов магнитофона. Регулятором уровня записи устанавливают стрелку индикатора магнитофона на границу секторов. Производят запись. Напряжение на линейном выходе при воспроизведении полученной фонограммы должно отличаться не более чем на 2 дБ от напряжения при воспроизведении эталонной фонограммы, записанной с максимальным уровнем (160 нВб/м).

Чувствительность микрофонного входа магнитофона проверяют, подавая от звукового генератора сигнал частотой 400 Гц и напряжением 200 мВ через резистивный делитель 100 кОм/100 Ом. При этом должна обеспечиваться установка указателя индикатора магнитофона на границу секторов при помощи регулятора уровня записи магнитофона. Аналогичным способом определяют чувствительность других входов магнитофона. При проверке входа звукоснимателя и трансляционной линии делитель не применяют.

Проверку частотной характеристики канала запись — воспроизведение магнитофона производят на тех же частотах, на которых проверяют канал воспроизведения. Для этого на вход *Звукосниматель* подают сигнал частотой 400 Гц и напряжением 500 мВ, устанавливают максимальный уровень записи по индикатору магнитофона. Затем входное напряжение уменьшают на 20 дБ и производят запись стандартного ряда частот (см. разд. «Регулировка»). При воспроизведении записанной фонограммы измеряют частотную характеристику канала записи — воспроизведения магнитофона как зависимость напряжения от частоты сигнала. Измерения проводят на линейном выходе магнитофона. Результаты выражают в децибелах.

Измерения отношения сигнал/шум канала запись — воспроизведение производят на линейном выходе магнитофона. Для этого на вход звукоснимателя обоих каналов подают сигнал частотой 400 Гц и напряжением 150 мВ, записывают отрезок ленты с максимальным уровнем. Затем соединительный шнур отключают от магнитофона и производят запись паузы (в отсутствие сигнала). Регулятор уровня при этом должен оставаться в положении, соответствующем максимальному уровню записи предыдущего отрезка ленты. При воспроизведении полученной фонограммы измеряют напряжение шумов и напряжение полезного сигнала. Отношение этих напряжений выражают в децибелах. Регуляторы уровня при воспроизведении должны находиться в номинальном положении. При измерении напряжения шумов канала запись — воспроизведение магнитофона следует помнить, что «открытый» вход магнитофона очень чувствителен к наводкам и помехам. Поэтому при записи паузы необходимо держаться рукой за корпус магнитофона и располагать его в положении минимальных наводок.

Более подробно испытания стереофонического магнитофона изложены в книге В. В. Колосова «Современный любительский магнитофон».

МАГНИТОФОН «СЕЛИГЕР-4»

Магнитофон «Селигер-4» (рис. 16) является модификацией магнитофона «Селигер-3». От предыдущей модели он отличается наличием блока динамического шумоподавления типа Dynamic Noise Limiter [1, 2]. Для согласования шумоподавителя с усилителем магнитофона в их схемы внесены некоторые изменения.

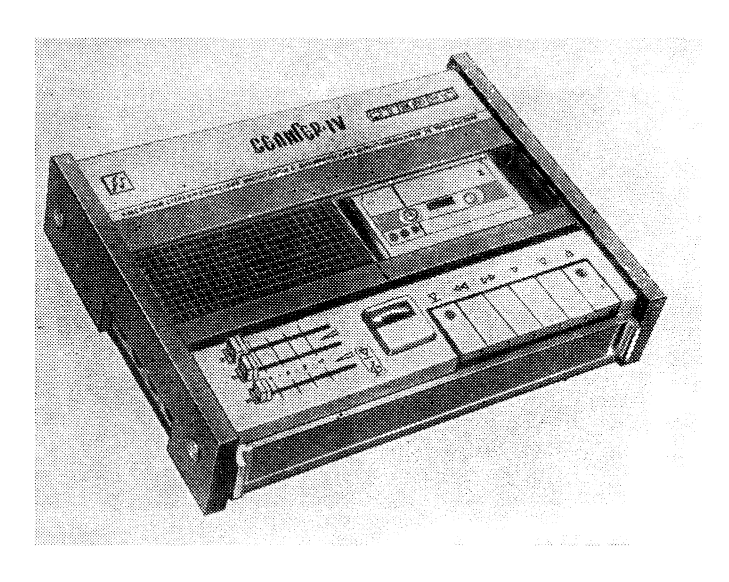


Рис. 16. Общий вид магнитофона «Селигер-4».

Функциональные схемы магнитофонов «Селигер-3» и «Селигер-4» показаны на рис. 17. В схеме рис. 17, *б* использованы дополнительные устройства *11* и *12* и изменена коммутация некоторых цепей усилителя. В обоих магнитофонах регулятор уровня записи *2* включен в нагрузку входного каскада *1*. Однако для правильной работы шумоподавителя необходимо, чтобы коэффициент усиления универсального усилителя при воспроизведении не изменялся в процессе работы. Поэтому в магнитофоне «Селигер-4» в режиме воспроизведения регулятор уровня *2* отключается от универсального усилителя и выполняет функции регулятора тембра. Регулятор громкости *9* (рис. 17, *б*) не коммутируется и не изменяет своих функций во всех режимах работы магнитофона. Блок шумоподавления *11* включен между универсальным усилителем *3* и усилителем мощности *10*.

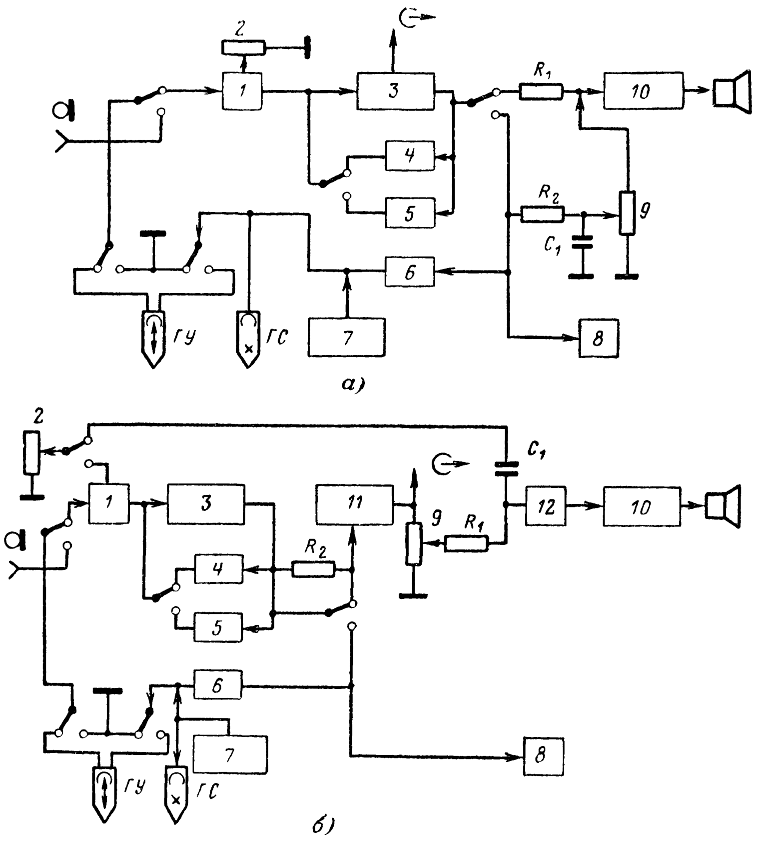


Рис. 17. Функциональные схемы магнитофонов «Селигер-3» (*а*) и «Селигер-4» (*б*).

1 — входной каскад; *2* — регулятор уровня; *3* — универсальный усилитель; *4* — цепь обратной связи воспроизведения; *5* — цепь обратной связи записи; *6* — элементы формирования сигнала записи; *7* — генератор высокочастотного подмагничивания и стирания; *8* — индикатор уровня записи; *9* — регуляторы громкости и тембра; *10* — усилитель мощности; *11* — устройство шумоподавления; *12* — эмиттерный повторитель; R_1 — согласующий резистор; R_2 — ограничивающий резистор; C_1 — конденсатор регулятора тембра.

Для согласования усилителя мощности *10* с шумоподавителем *11* служит эмиттерный повторитель *12*. Напряжение линейного выхода снимается с выхода шумоподавителя.

Принципиальная схема

Принципиальная схема магнитофона «Селигер-4» приведена на рис. 18, *а*, *б*. Она отличается от схемы магнитофона «Селигер-3» (см. рис. 2) некоторыми усовершенствованиями, которые подробно описаны ниже.

Ввиду того что нагрузкой универсального усилителя магнитофона служит блок шумоподавления, чувствительность которого достаточно велика, коэффициент усиления по напряжению универсального усилителя магнитофона в режиме воспроизведения снижен на 6 дБ за счет увеличения глубины обратной связи элементами коррекции $1R_{17}$, $1R_{20}$ и $1C_{10}$. При этом снижаются выходное сопротивление и коэффициент нелинейных искажений усилителя, увеличивается запас неискаженного выходного напряжения. Если в магнитофоне «Селигер-3» отсутствие запаса по напряжению не влияет на качество

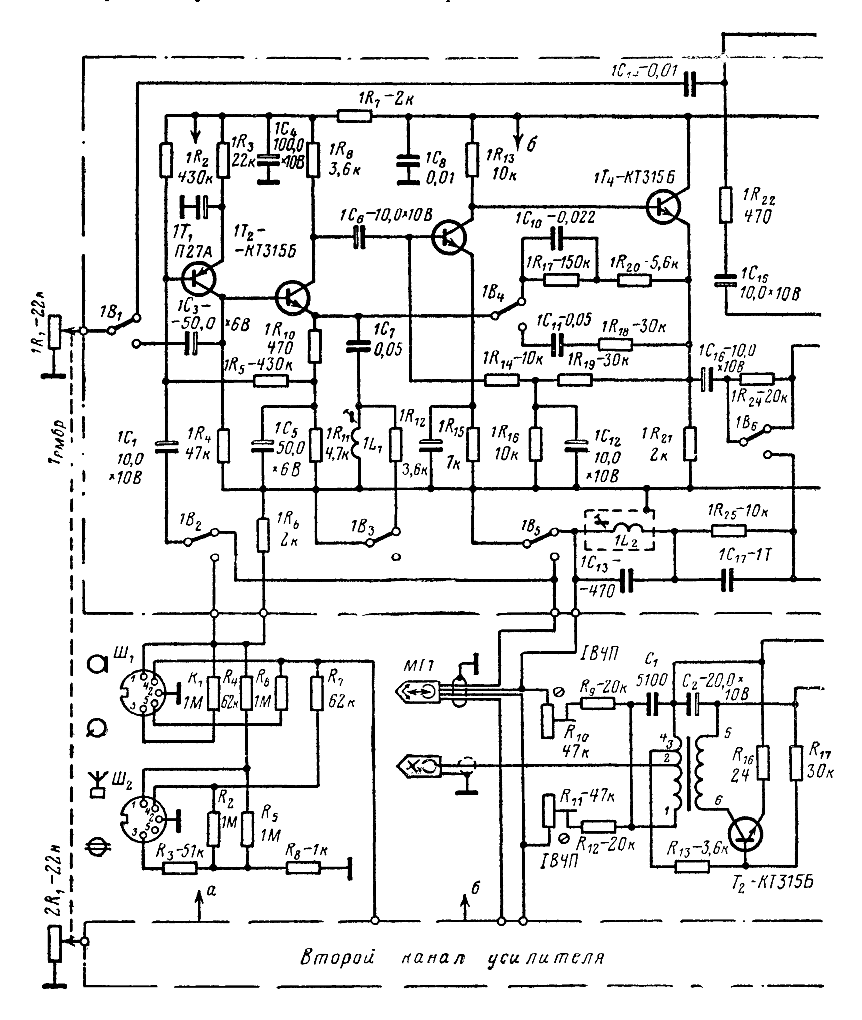
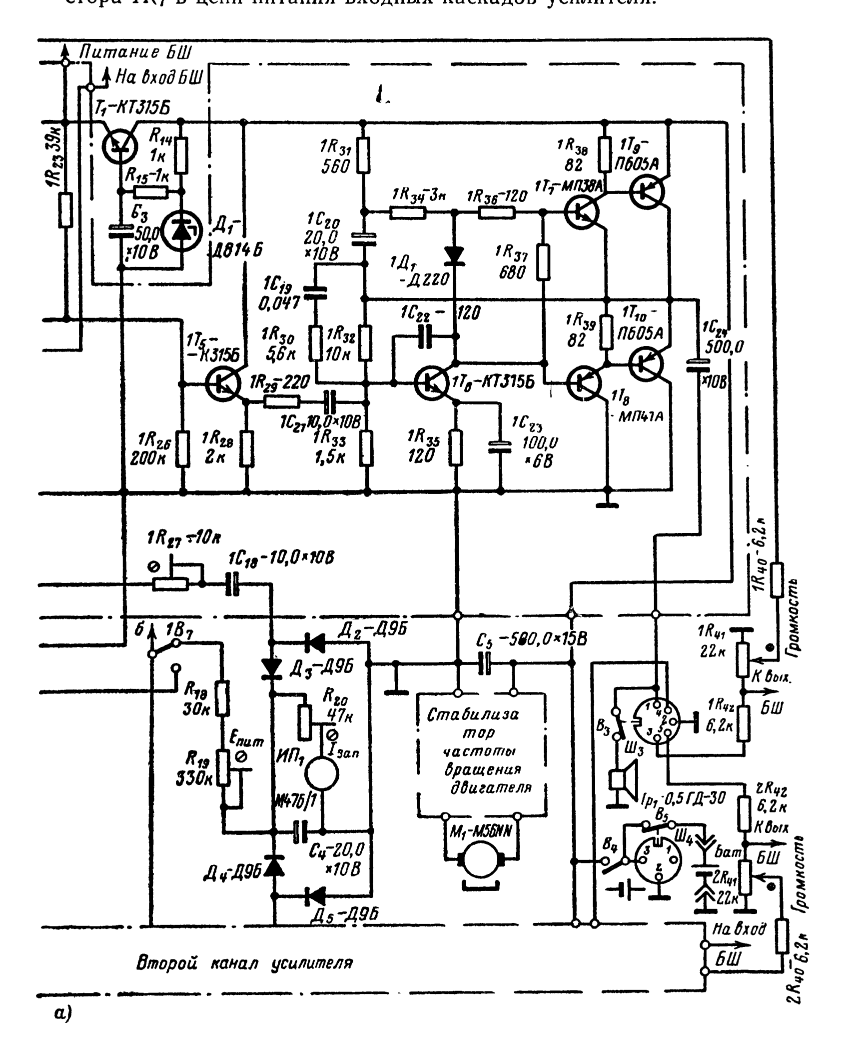


Рис. 18. Принципиальная схема магнитофона «Селигер-4» (*а*).

работы в силу того, что коэффициент усиления канала воспроизведения регулируется на его входе, то в магнитофоне «Селигер-4» это имеет принципиальное значение. Запас неискаженного выходного напряжения в этом случае примерно равен 6 дБ.

Чтобы расширить пределы регулировки индикатора уровня записи, увеличено сопротивление стабилизирующего резистора $1R_{25}$ в цепи универсальной головки. Недостаток усиления канала записи компенсируется при этом за счет уменьшения сопротивления резистора $1R_7$ в цепи питания входных каскадов усилителя.



а)

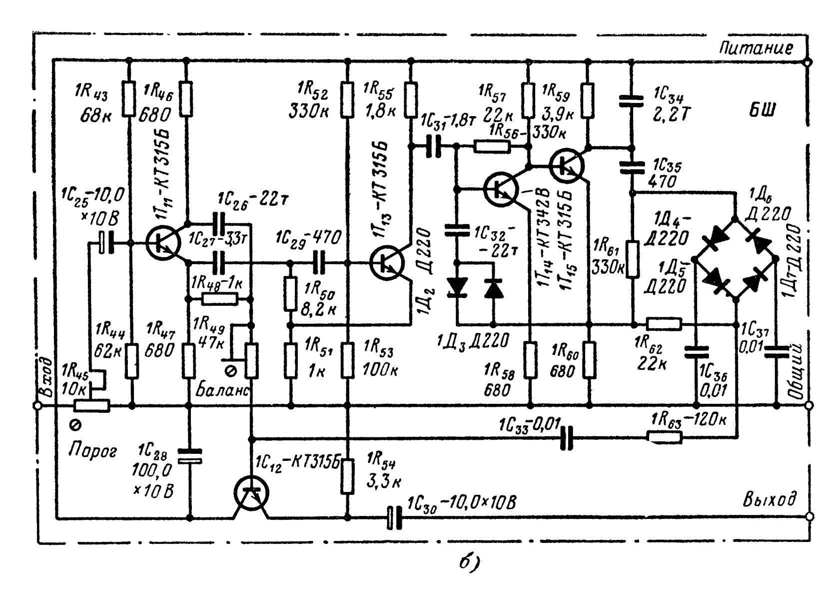


Рис. 18. Принципиальная схема магнитофона «Селигер-4» (*б*).

С целью снижения коэффициента нелинейных искажений канала записи — воспроизведения увеличен ток высокочастотного подмагничивания универсальной головки в режиме записи. Компенсация частотных искажений, дополнительно возникающих при этом, осуществляется включением конденсатора $1C_{17}$ параллельно резистору $1R_{25}$ в цепи универсальной головки.

Более простой и рациональный монтаж магнитофона позволил отказаться от включения конденсатора между коллектором и базой транзистора $1T_2$, как это сделано в магнитофоне «Селигер-3».

Частотные характеристики универсального усилителя приведены на рис. 19, *а*, *б*. Так как принцип работы универсального усилителя подробно рассмотрен в предыдущей главе, перейдем к изучению работы шумоподавителя.

В режиме воспроизведения сигнал на вход шумоподавителя поступает непосредственно с выхода универсального усилителя, а при записи — через ограничительный резистор $1R_{24}$, включенный между контактами переключателя $1B_1$. Небольшой уровень напряжения высокочастотного подмагничивания, попадающий при этом на вход блока вместе с полезным сигналом, выключает шумоподавление при слуховом контроле записываемого сигнала.

Блок шумоподавления собран на транзисторах $1T_{11}$ — $1T_{15}$ (см. рис. 18, *б*). Его принцип действия описан в работе [2].

Известно, что спектр музыкальных сигналов в значительной мере зависит от громкости исполнения: с уменьшением громкости относительное содержание высокочастотных составляющих в сигнале уменьшается, например при игре «пианиссимо» излучаются преимущественно основные тона, которые для большинства инструментов

лежат в диапазоне частот, не превышающем 4,5 кГц. Следовательно, если во время исполнения таких пассажей (а также в паузах звучания) ограничивать полосу пропускания канала, то это лишь незначительно ухудшит качество звучания, но наиболее характерные для звукозаписи высокочастотные шумы, проявляющиеся сильнее именно при малом сигнале и в паузах, будут в значительной мере ослаблены. При увеличении уровня сигнала полоса пропускания расширяется, но одновременно увеличивается маскировка шумов полезным сигналом и подавление шумов становится не столь необходимым.

Структурная система шумоподавителя фирмы «Philips», реализующего принцип автоматической регулировки полосы пропускания, изображена на рис. 20. Входной сигнал поступает на фазовращатель, на выходе которого образуются сигналы, сдвинутые по фазе на 180°. Один из сигналов поступает на вход сумматора непосредственно, а второй — через канал дополнительной обработки. Канал дополнительной обработки состоит из фильтра верхних частот *1*, выделяющего высокочастотные составляющие сигнала (выше 4,5 кГц), дополнительного усилителя НЧ, блока автоматической регулировки усиления и управляемого делителя напряжения.

Амплитудные характеристики отдельных звеньев шумоподавителя приведены на рис. 21. Напряжение U_1, поступающее непосредственно на вход сумматора, имеет линейную зависимость от сигнала (рис. 21, *а*), а напряжение U_2, поступающее на вход сумматора через канал дополнительной обработки, — нелинейную (рис. 21, *б*). В результате сложения напряжения U_1 и U_2 амплитудная характеристика сигнала на выходе сумматора имеет вид, показанный на рис. 21, *в*. Из этой характеристики видно, что коэффициент передачи шумоподавителя на высших частотах, зависит от уровня сигнала, причем на малых уровнях он меньше, чем на больших. Это и создает эффект подавления шума. На начальном участке характеристики до порога срабатывания системы АРУ можно достичь полной компенса-

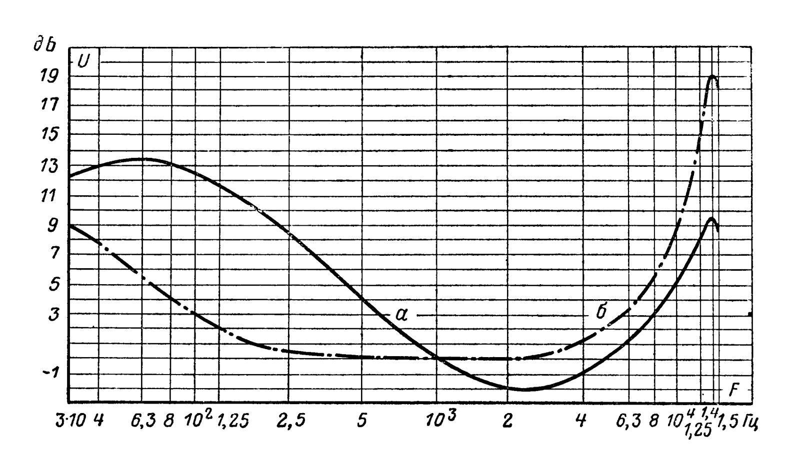


Рис. 19. Частотные характеристики универсального усилителя магнитофона.

Кривая *а* — в режиме воспроизведения; кривая *б* — в режиме записи.

ции противоположных высокочастотных составляющих входного сигнала.

Уровень входного напряжения U_0, при котором эффективно начинает действовать система шумоподавления, выбирается обычно на 38 дБ ниже его номинального значения, что примерно соответствует нижней границе динамического диапазона записи.

Первый каскад шумоподавителя является разветвителем. Он построен по схеме фазоинвертора с разделенной нагрузкой. Сигналы

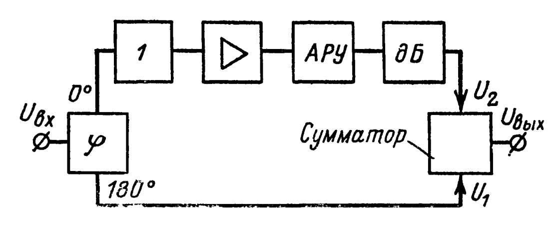


Рис. 20. Структурная схема шумоподавителя.

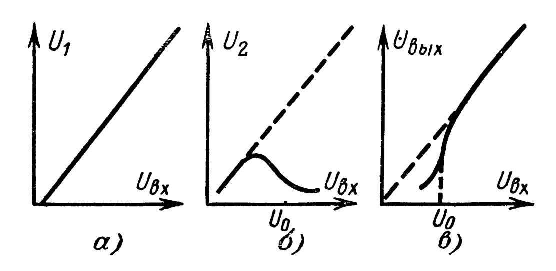


Рис. 21. Амплитудные характеристики шумоподавителя.

на эмиттере и коллекторе этого каскада примерно равны по величине и противоположны по фазе. В этом каскаде сигнал разветвляется на две составляющие. Одна из них, синфазная с входным сигналом, поступает в цепь дополнительной обработки. Другая, противофазная, поступает на сумматор через фазовращательную цепочку $1C_{26}$ и $1R_{48}$, которая рассчитана таким образом, что фаза сигнала в диапазоне частот от 100 Гц до 10 кГц меняется на 180°. Это необходимо для того, чтобы скомпенсировать фазовый сдвиг, возникающий в цепях дополнительной обработки первой ветви сигнала.

Двухзвенный фильтр высоких частот на элементах $1C_{27}$, $1R_{50}$, $1C_{29}$ и транзисторе $1T_{13}$ имеет крутизну спада частотной характеристики в области 2кГц примерно 12 дБ на октаву и коэффициент передачи в пределах полосы прозрачности около — 4 дБ. Частота среза фильтра примерно равна 4,5 кГц. Коэффициент усиления по напряжению каскада на транзисторе $1T_{13}$ равен 10 дБ. Элементы $1R_{55}$, $1C_{31}$ и входное сопротивление каскада на транзисторе $1T_{14}$ составляют третье звено этого фильтра. Крутизна спада всех трех звеньев фильтра примерно равна 18 дБ на октаву. Частотные характеристики

фильтра в общей точке элементов $1C_{27}$, $1C_{29}$ и $1R_{50}$ показаны на рис. 22 (кривая *а*) на коллекторе транзистора $1T_{13}$ — на рис. 22 (кривая *б*), и на базе транзистора $1T_{14}$ — на рис. 22 (кривая *в*). Измерения проводились при подаче на базу транзистора $1T_{11}$ напряжений 400, 250 и 40 мВ соответственно.

Далее сигнал усиливается двухкаскадным усилителем на транзисторах $1T_{14}$ и $1T_{15}$, охваченным нелинейной обратной связью, включающей диоды $1Д_2$, $1Д_3$ и конденсатор $1C_{32}$. Она ограничивает раз-

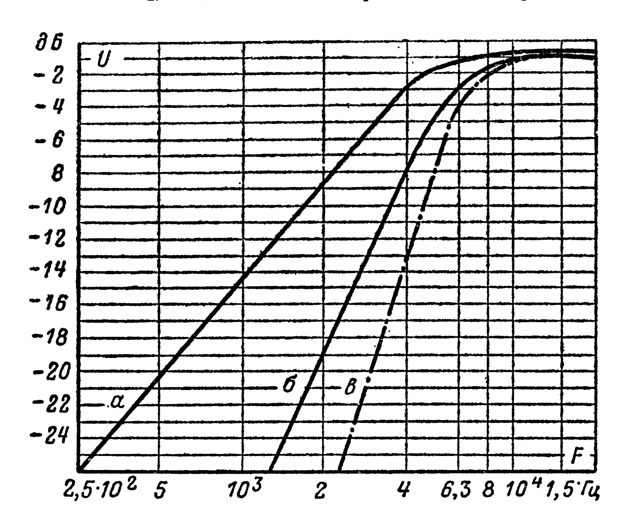


Рис. 22. Частотные характеристики трехзвенного фильтра шумоподавителя.

мах напряжения на эмиттере транзистора $1T_{15}$ на уровне 0,6 В, что совпадает с порогом отпирания диодов $1Д_5$ и $1Д_7$. В противном случае напряжение на конденсаторах $1C_{36}$ и $1C_{37}$ будет зависеть от величины сигнала на эмиттере транзистора $1T_{15}$ и нарушит работу шумоподавителя. Коэффициент усиления по напряжению каскада на транзисторе $1T_{14}$ равен 26 дБ. Этот каскад очень чувствителен к значению $B_{ст}$ применяемого транзистора, так как от него в значительной мере зависит режим каскада по постоянному току. В нем применяются транзисторы с $B_{ст}=350 \div 450$. Подбор резистора $1R_{56}$ крайне нежелателен, так как при этом изменяется глубина параллельной обратной связи с коллектора на базу транзистора, которая влияет на его входное сопротивление и в конечном итоге — на параметры фильтра. Коэффициент усиления по напряжению каскада на транзисторе $1T_{15}$ равен 15 дБ.

Фильтр на элементах $1C_{35}$ и $1R_{61}$ ослабляет влияние низких и средних частот на работу выпрямителя (диоды $1Д_4$ и $1Д_6$). Частотная характеристика фильтра приведена на рис. 23.

При воспроизведении фонограммы, содержащей достаточный уровень высоких частот, конденсаторы $1C_{36}$ и $1C_{37}$ заряжаются через диоды $1Д_4$ и $1Д_6$. Напряжение на диагонали моста достигает 1 В.

Диоды $1Д_5$ и $1Д_7$ отпираются, их дифференциальное сопротивление резко уменьшается и замыкает на конденсаторы $1C_{36}$ и $1C_{37}$ сигнал, поступающий на сумматор через резисторы $1R_{62}$ и $1R_{63}$. В паузе напряжение шумов магнитофона, усиленное транзисторами $1T_{13}$, $1T_{14}$ и $1T_{15}$, без ослабления проходит в сумматор, так как напряжение его недостаточно для отпирания диодов $1Д_4$—$1Д_7$. В сумматоре на резисторах $1R_{49}$ и $1R_{63}$ противофазные сигналы обеих ветвей вычитаются. Равенство уровней этих сигналов подбирают при помощи подстроечного резистора $1R_{49}$. Ввиду того что для нормальной работы

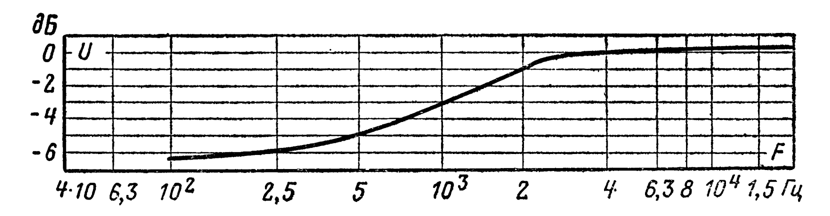


Рис. 23. Частотная характеристика выходного фильтра шумоподавителя.

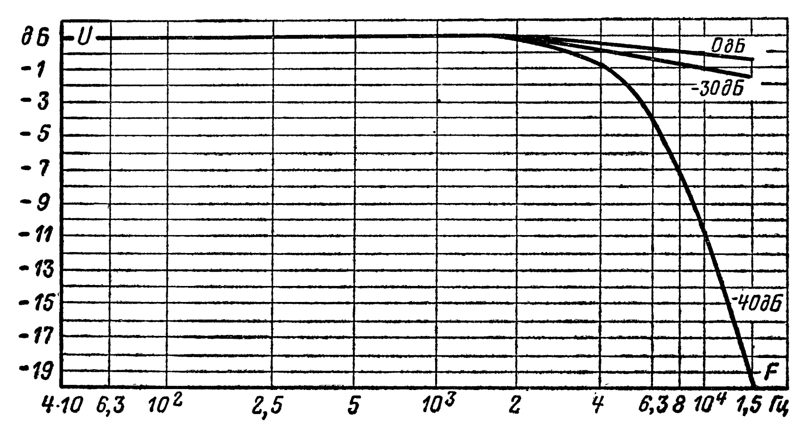


Рис. 24. Частотные характеристики блока шумоподавления при различных уровнях входного сигнала.

шумоподавителя сопротивление нагрузки должно быть не менее 100 кОм, для согласования его с линейным выходом и усилителем мощности применен эмиттерный повторитель на транзисторе $1T_{12}$. С целью увеличения его входного сопротивления базовый делитель не применяется, а напряжение смещения на его базу задается с эмиттера транзистора $1T_{11}$ через резисторы $1R_{48}$ и $1R_{49}$. Благодаря этому входное сопротивление выходного каскада шумоподавителя превышает 100 кОм.

На рис. 24 показаны частотные характеристики блока шумоподавления в зависимости от изменения уровня входного сигнала.

В связи с тем что частотная характеристика усилителя воспроизведения имеет подъем на частоте 14 кГц, напряжение шумов канала воспроизведения резко возрастает на верхней границе рабочего диапазона частот. Отношение сигнал/шум на средних частотах достигает —56 дБ, тогда как на частоте резонанса контура коррекции удерживается на уровне —40 дБ. Это определяет порог срабатывания блока шумоподавления, который и равен —40 дБ. При измерении отношения сигнал/шум канала воспроизведения без шумоподавления при помощи вольтметра средних значений последний усредняет на-

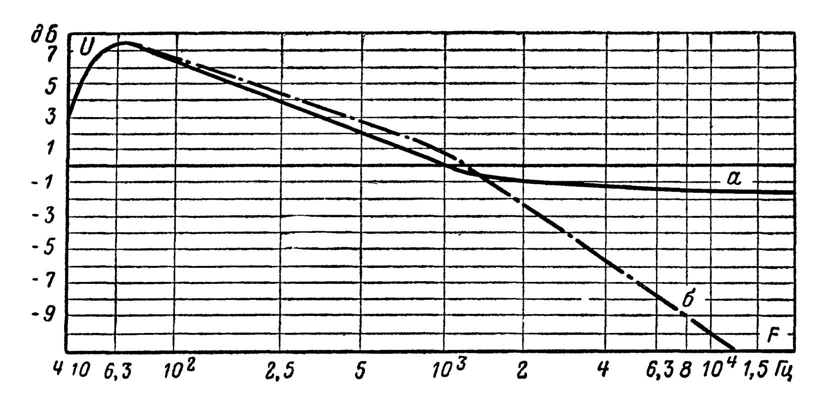


Рис. 25. Частотные характеристики усилителя мощности магнитофона.

Кривая *а* — при выведенном резисторе $1R_1$; кривая *б* — при введенном резисторе $1R_1$.

пряжение шумов во всей рабочей полосе частот. Отношение сигнал/шум в этом случае равно —46 дБ. При измерении этого параметра на выходе блока шумоподавления показатели улучшаются в среднем на 10 дБ и достигают значений —55÷—58 дБ благодаря тому, что на верхней частоте рабочего диапазона шумы ослабляются на 20 дБ (рис. 24). Отношение сигнал/шум при воспроизведении чистой ленты равно 52—54 дБ.

На рис. 33 показан характер напряжения шумов на линейном выходе магнитофона с шумоподавлением (кривая *г*) и без него (кривая *а*).

С выхода блока шумоподавления сигнал поступает на регулятор громкости $1R_{41}$, а затем на вход усилителя мощности через резистор $1R_{40}$, который является составной частью регулятора тембра на элементах $1C_{14}$ и $1R_1$. Входной каскад усилителя мощности на транзисторе $1T_5$ выполнен по схеме с общим коллектором; его входное сопротивление примерно равно 10 кОм. Для согласования его со следующим каскадом служит резистор $1R_{29}$. Избыток коэффициента усиления, возникший благодаря включению дополнительного каскада на транзисторе $1T_5$, позволил ввести частотно-зависимую обратную связь на элементах $1C_{19}$ и $1R_{30}$ с общей точки транзисторов $1T_9$ и $1T_{10}$ на базу транзистора $1T_6$. Это обеспечивает подъем частотной

Таблица 6

Электрод	Напряжение, В														
	$1\text{-}T_1$	$1\text{-}T_2$	$1\text{-}T_3$	$1\text{-}T_4$	$1\text{-}T_5$	$1\text{-}T_6$	$1\text{-}T_7$	$1\text{-}T_8$	$1\text{-}T_9$	$1\text{-}T_{10}$	$1\text{-}T_{11}$	$1\text{-}T_{12}$	$1\text{-}T_{13}$	$1\text{-}T_{14}$	$1\text{-}T_{15}$
Эмиттер	3,8	2,0	0,3	3,8	4,1	0,18	6,2	6,0	12	6,2	2,2	1,6	0,45	0,20	0,50
База	—	2,3	0,8	4,3	4,6	0,8	6,3	5,8	11,8	6,0	2,6	2,1	—	0,6	1,1
Коллектор	2,3	4,0	4,3	7,2	12	5,8	11,8	0	6,2	0	5	7,2	6,3	1,1	4,5

Таблица 7

Электрод	Напряжение, мВ									
	$1\text{-}T_1$	$1\text{-}T_2$	$1\text{-}T_3$	$1\text{-}T_4$	$1\text{-}T_5$	$1\text{-}T_6$	$1\text{-}T_7$	$1\text{-}T_8$	$1\text{-}T_9$	$1\text{-}T_{10}$
Эмиттер	—	36	—	700	150	—	2800	2950	—	2800
База	0,5	—	9	700	160	5	2950	3000	170	2950
Коллектор	—	9	700	—	—	3000	170	—	2800	—

Таблица 8

Электрод	Напряжение, мВ							
	$1\text{-}T_1$	$1\text{-}T_2$	$1\text{-}T_3$	$1\text{-}T_4$	T_2	$ГУ_1$	$ГС_1$	C_2
Эмиттер	—	6,6	—	300	0,32 В	6В	10 В	21 В
База	0,15	—	3,7	—	1,4 В			
Коллектор	—	3,7	—	—	5,5 В			

Примечания: 1. Регуляторы уровня записи (тембра) установлены в положение максимального усиления.

2. При измерениях к усилителю подключают эквивалент громкоговорителя с сопротивлением 16 Ом.

3. Переменные напряжения измерены в милливольтах, постоянные — в вольтах.

4. При проверке мощного усилителя регулятор громкости устанавливают в положение, при котором на нагрузке обеспечивается напряжение 2,8 В.

5. При измерении режимов по постоянному току необходимо включать автометр на возможно большие пределы измерения, чтобы уменьшить его шунтирующее действие.

характеристики усилителя мощности в области нижних частот рабочего диапазона, который улучшает качество звучания встроенного громкоговорителя и малогабаритных акустических систем, входящих в комплект магнитофона.

Усилитель мощности имеет чувствительность 220 мВ (со входа транзистора $1T_5$) при неискаженной выходной мощности 2 Вт на нагрузке 4 Ом. Питание усилителя осуществляется от выпрямителя, входящего в комплект магнитофона. Частотные характеристики усилителя мощности приведены на рис. 25. В остальном его параметры не отличаются от таковых в магнитофоне «Селигер-3».

Описание входного делителя, генератора стирания и подмагничивания, а также индикатора уровня записи приведено выше. Эти устройства не претерпели никаких изменений.

В табл. 6 содержатся сведения о режимах транзисторов всех каскадов магнитофона в режиме воспроизведения.

В табл. 7 указаны значения напряжений переменного тока на электродах транзисторов усилителя в режиме воспроизведения при подаче на вход усилителя сигнала напряжением 0,5 В, частотой 1 кГц через резистивный делитель 100 кОм/100 Ом. Измерения проводились милливольтметром с входным сопротивлением 400 кОм.

В табл. 8 указаны значения напряжений переменного тока на электродах транзисторов в режиме записи при входном сигнале напряжением 0,15 В, частотой 1 кГц, подаваемом через резистивный делитель 100 кОм/100 Ом. Измерения производились милливольтметром с входным сопротивлением 400 кОм.

Конструкция магнитофона

Магнитофон «Селигер-4» также собран в корпусе магнитофона «Электроника-301». Для его изготовления могут быть использованы те же чертежи и рекомендации. Исключение составляет только печатная плата усилителя и блока шумоподавления, и, кроме того,

вниманию читателей предлагается еще один вариант конструктивного оформления магнитофона. Он отличается более современным внешним видом и применением ползунковых потенциометров в цепях регуляторов уровня и тембра. Индикатор уровня записи также видоизменен. Его шкала градуирована в децибелах и в процентах.

Доработка лентопротяжного механизма магнитофона произведена в соответствии с рис. 8 и 9 и рекомендациями к ним. Теплоотвод для мощных транзисторов $1T_9$, $1T_{10}$, $2T_9$ и $2T_{10}$ выполнен в соответствии с рис. 10 (поз. *6*). Здесь же показаны остальные детали, при-

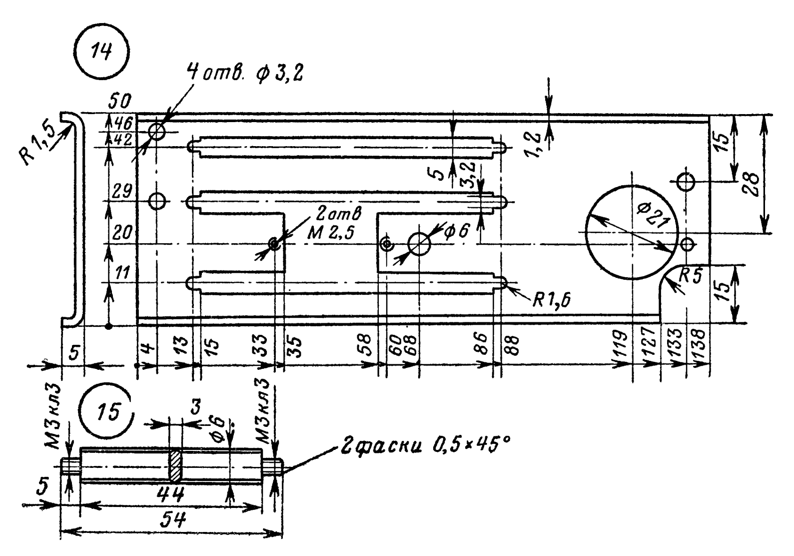


Рис. 26. Вновь изготовляемые детали магнитофона.

14 — кронштейн, АМцА-П; *15* — стойка, латунь Л62.

меняемые для закрепления этих транзисторов к угольнику *6* (поз. *7*, *8* и *9*). Угольник закреплен на печатной плате при помощи винтов М3 длиной 5 мм. Более длинные винты могут упереться во фланцы для крепления транзисторов $1T_9$ и $2T_9$ и сорвать резьбу в угольнике *6*. В магнитофоне «Селигер-4» применены все детали, изображенные на рис. 10. Новый кронштейн *14* для закрепления регуляторов уровня и тембра, а также стойки приведены на рис. 26.

Конструкция и детали индикатора уровня записи показаны на рис. 27. Индикатор изготовлен на основе прибора М-472 от магнитофона «Яуза-20». Для этой цели можно использовать и измеритель от прибора М-476/1 от магнитофона «Электроника-301», и другие индикаторы уровня записи. Корпус *1* индикатора изготовлен из оргстекла. Переднее стекло *2* спрессовано из листового плексиглаза горячим способом. Для этого изготовляют из гетинакса матрицу в виде рамки с размерами отверстия, соответствующим наружным размерам детали. Размеры алюминиевого пуансона должны соответствовать внутренним размерам детали. Поверхность пуансона должна

быть возможно более чистой. Лист оргстекла толщиной 2 мм нагревают до размягчения и продавливают с помощью пуансона через отверстие в матрице. Для исключения образования складок поверхность матрицы смазывают неорганическим маслом (например, марки Циатим-201). Температуру размягчения материала подбирают экспериментально до появления пузырьков. Для того чтобы получить хорошую плоскость переднего стекла, в пуансоне нужно сделать отверстие для выхода воздуха. После остывания деталь снимают и обрабатывают ее наружные поверхности.

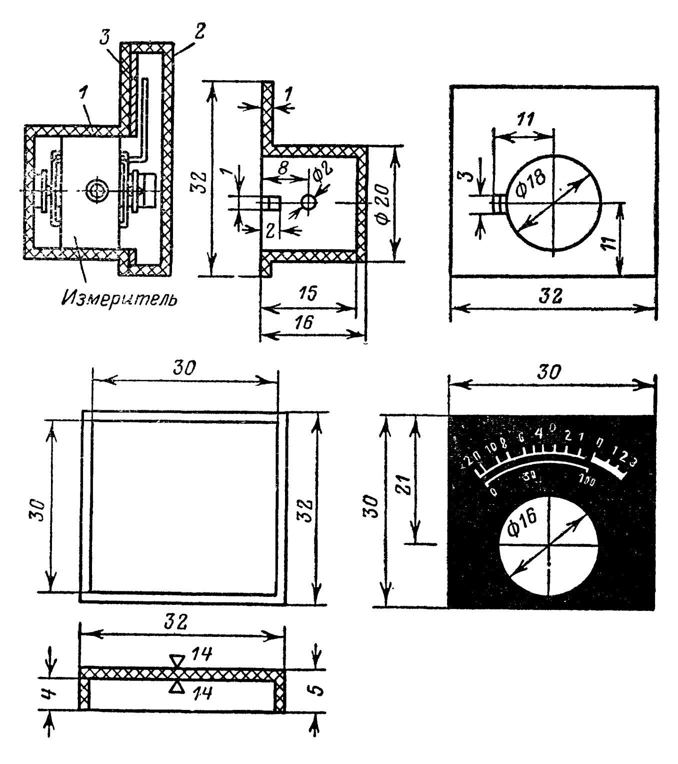


Рис. 27. Конструкция индикатора.

1 — корпус; *2* — переднее стекло; *3* — шкала.

Шкалу индикатора *3* изготовляют фотоспособом. Для этого измеритель *4* подключают к магнитофону в соответствии со схемой (см. рис. 18), стрелке измерителя придают нужную форму и окрашивают ее белой краской. Вместо шкалы подкладывают черную бумагу. Над измерителем закрепляют фотоаппарат и производят последовательную съемку на один кадр всех положений стрелки, соответствующих делениям будущей шкалы. Угол отклонения стрелки задают напряжением на входе магнитофона и контролируют по шкале милливольтметра. Экспозицию при съемке устанавливают по отражению

от листа белой бумаги, помещенного рядом со снимаемым объектом. Полученный таким образом снимок увеличивают в 10 раз, переносят на лист ватмана и изготовляют фотооригинал шкалы. Такая шкала учитывает все особенности схемы и измерителя. Фотооригинал фотографируют с десятикратным уменьшением и получают готовую шкалу. При установке шкалы в измеритель под нее подкладывают алюминиевую пластину или наносят на эмульсию алюминиевую краску. Прежде чем приклеить переднее стекло *2*, измеритель необходимо отбалансировать. Балансировку осуществляют изменением массы противовесов, закрепленных на рамке прибора. Показания прибора должны быть однозначны в трех взаимно перпендикулярных положениях:

при горизонтальном положении шкалы;

при вертикальном положении шкалы и вертикальном положении стрелки;

при вертикальном положении шкалы и горизонтальном положении стрелки.

Усилитель магнитофона и блок шумоподавления собраны на печатной плате размерами 158×195 мм из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Выводы всех элементов, кроме переключателей катушек коррекции и заградительных фильтров, размещены в узлах координатной сетки с шагом 2,5 мм. Отверстия, в которые вставляются выводы элементов, имеют диаметр 1,3 мм, крепежное отверстие для трансформатора генератора стирания и подмагничивания имеет диаметр 4,2 мм, остальные отверстия — 3,2 мм. Расположение печатных проводников на плате показано на рис. 28, а размещение элементов на плате — на рис. 29, *а*, *б*.

В усилителе и блоке шумоподавления применяются резисторы типа ВС-0,125 с допустимым отклонением от номинального ±10%. Их можно заменить резисторами типов УЛМ-0,125, МЛТ-0,125, МЛТ-0,25. Резисторы $1R_{27}$, R_{10}, R_{11}, R_{19} и R_{20}, а также $1R_{45}$ и $1R_{49}$ — типа СПЗ-1а. Конденсаторы $1C_7$, $1C_{10}$, $1C_{11}$ и $1C_{14}$ — бумажные типов МБМ и БМ-2; C_1 — типа ПМ-1 (может быть заменен конденсатором типа КСО-5). Они имеют допустимые отклонения от номинального ±10%. Конденсаторы $1C_8$, $1C_{13}$, $1C_{17}$, $1C_{22}$ и $1C_{19}$ керамические с допустимым отклонением ±20%. Конденсатор $1C_{17}$ установлен в те же отверстия, что и резистор $1R_{25}$; цепочка $1C_{19}$, $1R_{30}$ запаяна сверху параллельно резистору $1R_{32}$, конденсаторы $1C_8$ и $1C_{22}$ припаяны со стороны печатных проводников. Все конденсаторы, применяемые в блоке шумоподавления, кроме $1C_{25}$, $1C_{28}$ и $1C_{30}$, керамические с допустимым отклонением от номинального не более ±10%. Все остальные конденсаторы — электролитические типа К50-6. Транзистор КТ342В может быть заменен транзистором типа КТ315Б с коэффициентом усиления, близким к 350. Конструкция и параметры моточных изделий аналогичны примененным в магнитофоне «Селигер-3». В качестве регуляторов громкости использованы переменные резисторы типа СПЗ-23а В22КВ 0,5 Вт, а в качестве регулятора уровня записи и тембра — сдвоенные резисторы типа

$$\text{СПЗ-23б}\,\frac{\text{В22КВ 0,25 Вт}}{\text{В22КВ 0,25 Вт}}.$$

Все резисторы (кроме подстроечных) и конденсаторы (кроме электролитических) установлены на плату без зазора. Электролитические конденсаторы типа К50-6 установлены на прокладках, подобных тем, что применены в магнитофоне «Электроника-301». Их мож-

но изготовить из пластмассы. Они должны обеспечивать зазор между корпусом конденсатора и платой примерно 4 мм. Применение прокладок улучшает устойчивость конденсаторов в условиях вибрации. При пайке их нужно плотно прижимать к плате. При установке катушек индуктивности и переключателей между платой и корпусом устанавливаемой детали прокладывают двухмиллиметровую прокладку, которую удаляют после пайки элементов. Таким образом обеспечивается зазор, необходимый для того, чтобы флюс не попал

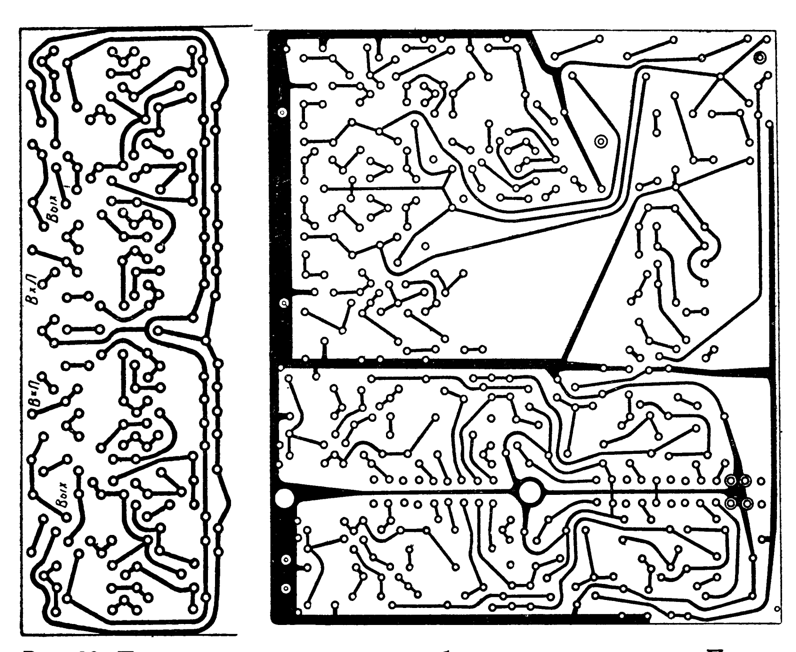
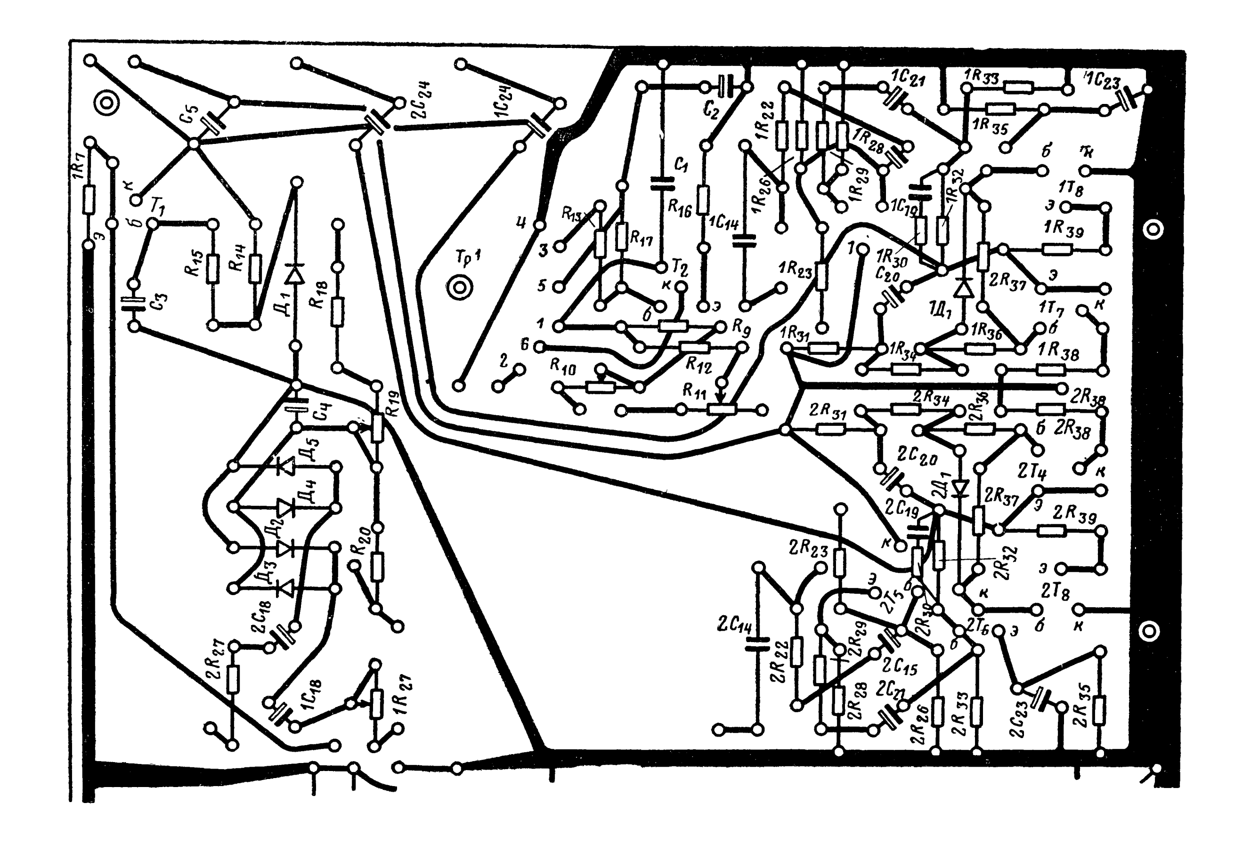


Рис. 28. Печатная плата усилителя и блока шумоподавления. Плата шумоподавителя (слева) имеет размеры 45×130 мм, плата усилителя (справа) — 138×158 мм.

в переключатель и чтобы не оплавлялись корпуса катушек. Распайку переключателей следует производить только после того, как оба переключателя состыкованы и установлены на плату. При этом шток одного из переключателей должен входить в корпус другого. При распайке переключателей нужно следить за их соосностью. После распайки проверяют усилие, необходимое для переключения и, если возможно, снимают одну пружину из двух. При этом вторая пружина должна возвращать переключатели в исходное положение.

Между корпусами транзисторов КТ315 и платой необходимо предусмотреть зазор около 3 мм. Транзисторы типов П27А, МП38А и МП41А устанавливают на высоте 10 мм. При пайке полупроводниковых приборов и пленочных конденсаторов типа ПМ необходимо предохранять их от перегрева. Для этого можно использовать обыкновенные монтажные плоскогубцы или пинцет с плоскими губками.



1R7
C5
2C24
1C24
T1
R15
R14
C3
Д1
R18
R19
Cч
Д5
Д4
Д2
Д3
R20
2C18
2R27
1C18
1R27
Tp 1
C2
C1
R16
R17
R13
T2
R9
R10
R12
R11
1C14
1R22
1R26
1R23
1R28
1R29
1C21
1R33
1C23
1R35
1R32
1C19
1R30
C20
1T8
1R39
1R37
1Д1
1T7
1R36
1R38
1R31
1R34
2R38
2R34
2R36
2R31
2C20
2T4
2Д1
2R37
2C19
2R39
2R32
2R23
2T8
2T5
2R30
2T6
2C14
2R22
2R29
2C15
2R28
2C21
2R26
2R33
2C23
2R35

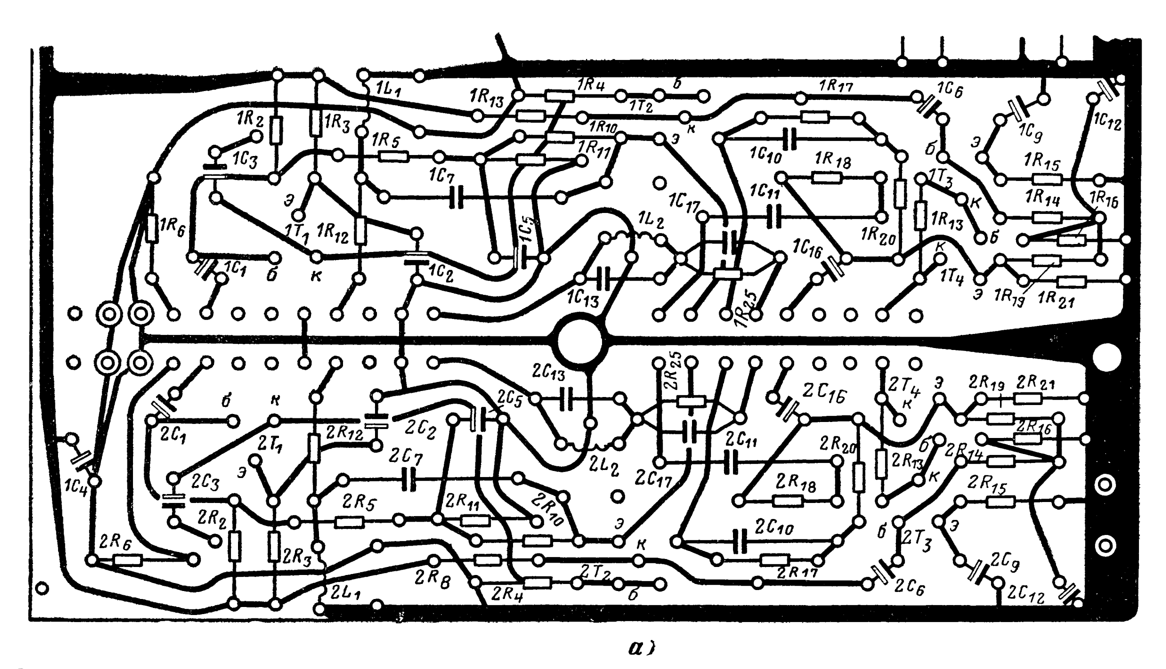


Рис. 29. Размещение элементов на печатной плате (*а*).

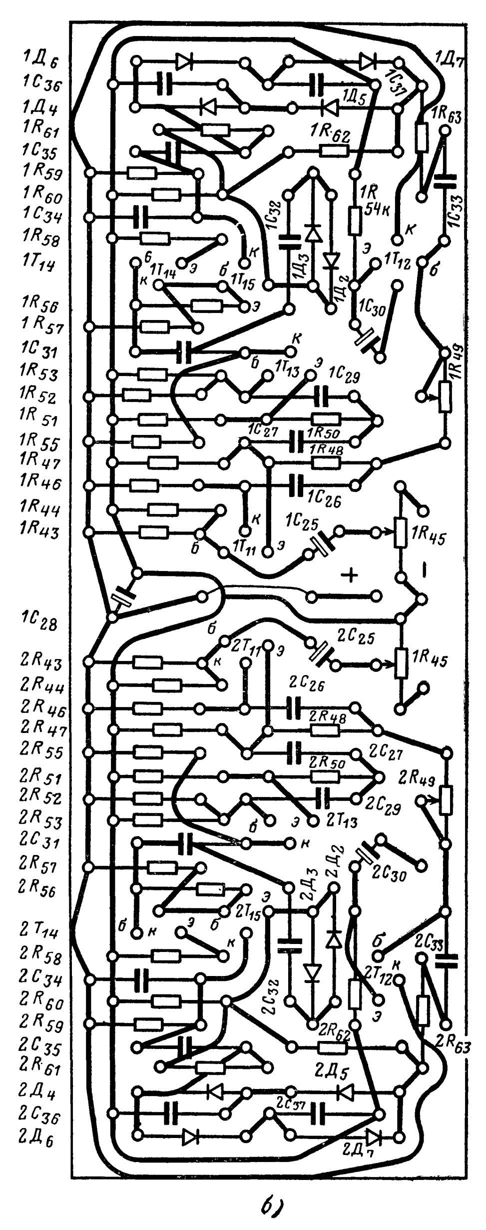


Рис. 29. Размещение элементов на печатной плате (*б*).

Сборку печатной платы удобнее всего производить в следующем порядке. Сначала устанавливают переключатели, затем резисторы и диоды, бумажные и керамические конденсаторы, потом транзисторы, электролитические конденсаторы и, наконец, моточные изделия. В последнюю очередь на плату устанавливают угольник с мощными транзисторами и соединяют их с платой. После установки всех элементов на плату и распайки их плату промывают, тщательно удаляя флюс. При промывке нужно внимательно следить за тем, чтобы раствор канифоли не проник на подстроечные резисторы, переключатели или катушки индуктивности, так как это может вывести их из строя. Промывать плату лучше всего бензино-спиртовой смесью в

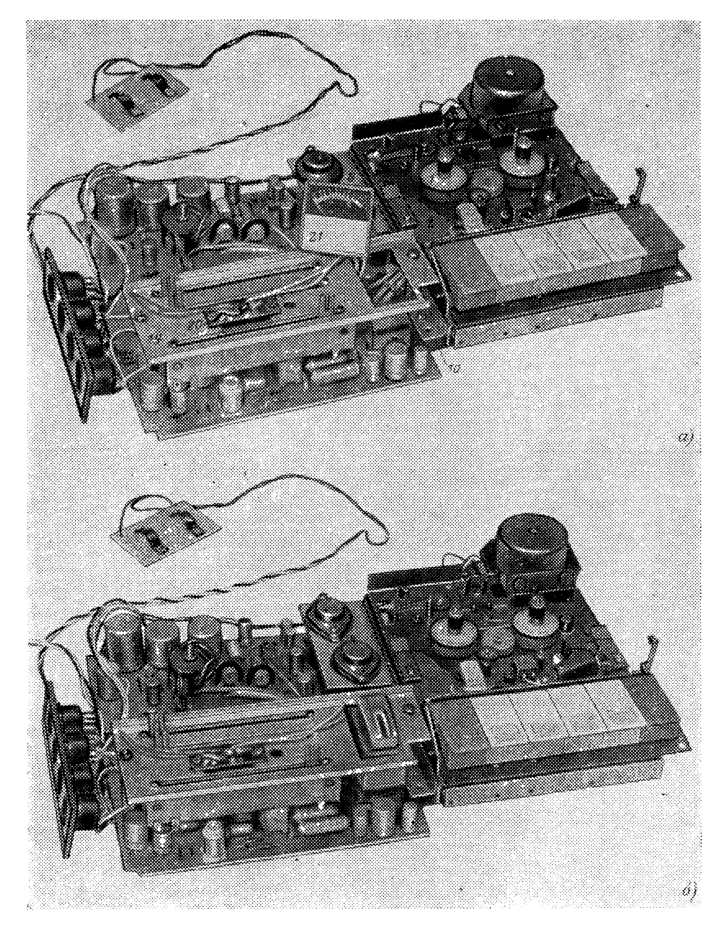


Рис. 30. Сборка усилителя с лентопротяжным механизмом магнитофона.

соотношении 1 : 1. Можно применить для этой цели также любой из указанных компонентов.

Сборка магнитофона показана на рис. 30, *а*, *б*. Соединение между печатной платой и шасси лентопротяжного механизма выполнено так же, как и в магнитофоне «Селигер-3». Прежде чем приступать к сборке магнитофона, следует ознакомиться с рис. 12 (сборка магнитофона «Селигер-3»). Для удобства однотипные детали на рис. 12 и 30 обозначены одинаковыми номерами.

В магнитофоне «Селигер-4» индикатор уровня записи и громкоговоритель закреплены на корпусе.

Монтажная схема магнитофона «Селигер-4» приведена на рис. 31 (вид со стороны элементов, установленных на печатной плате). Пунктирными линиями обозначены провода, припаянные со стороны печатных проводников. Эти соединения выполнены одножильным монтажным проводом диаметром 0,5 мм в виниловой изоляции. Таким же проводом выполнены все соединения между жестко закрепленными элементами и узлами. Гибкие соединения, такие, как жгут планки с внешними гнездами, провода внутреннего громкоговорителя и индикатора уровня записи, а также планки для подключения внутреннего источника питания выполнены многожильным монтажным проводом типа МГШВ-0,14. Резисторы $1R_{40}$, $2R_{40}$, $1R_{42}$ и $2R_{42}$ смонтированы на отдельной печатной плате и установлены на кронштейне с потенциометрами $1R_1$, $2R_2$, $1R_{41}$ и $2R_{41}$.

В магнитофоне «Селигер-4» пять цепей выполнены экранированным проводом. Это два двойных провода для соединения переключателя с универсальной головкой. Оплетки этих проводов заземлены на переключателе (с одного конца). Два одинарных экранированных провода — для соединения тех же групп переключателя с генератором подмагничивания. Их оплетки заземлены в тех же точках на переключателе и тоже с одного конца. Одинарный экранированный провод применен для соединения стирающей головки с генератором стирания. Его оплетка заземлена на плате около трансформатора $Тр_1$ и припаяна к стирающей головке. Она используется также в качестве проводника. Все экранированные провода изготовлены из провода марки МГТФ-0,07 и помещены в поливинилхлоридные трубки. Провода, идущие к головкам, механически закреплены на каретке при помощи скобы.

Входной делитель собран непосредственно на входных разъемах $Ш_1$ и $Ш_2$.

После завершения сборки и монтажа магнитофон проверяют на функционирование. При первом включении усилителя контролируют ток потребления. Вместе с приставкой шумоподавления усилитель должен потреблять не более 50 мА (при напряжении питания 12 В). Воспроизводят стандартную запись (можно монофоническую) и убеждаются в нормальной работе регуляторов громкости и тембра в каждом канале. Затем проверяют магнитофон в режиме записи от микрофона и в режиме стирания. Вслед за этим приступают к его регулировке.

Регулировка

Прежде всего проверяют лентопротяжный механизм — правильность установки головок по высоте. При введении их в кассету оба направляющих штыря каждой головки должны одновременно вхо-

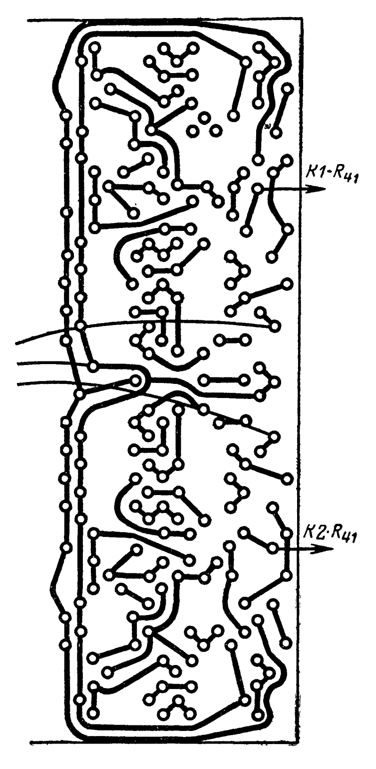


Рис. 31. Монтажная схема магнитофона.

дить в соприкосновение с лентой. Высоту головок регулируют набором шайб. Угол наклона универсальной головки относительно ленты регулируют при воспроизведении стандартных записей по максимуму отдачи на высоких частотах.

Теперь можно приступать к регулировке канала воспроизведения. Настраивают контуры коррекции $1L_1$, $1C_7$ и $2L_1$, $2C_7$ на частоту 14 кГц. Размагничивают головки и детали, соприкасающиеся с лен-

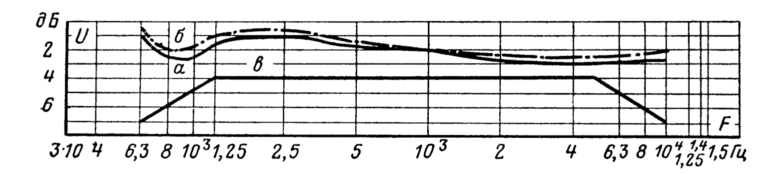


Рис. 32. Частотные характеристики канала воспроизведения.

Кривая *а* — левый канал; кривая *б* — правый канал; кривая *в* — допуск по ОСТ 4.ОКО.010.009.

той. Воспроизводят эталонную запись (см. раздел «Регулировка» главы «Магнитофон «Селигер-3»), подстраивают наклон универсальной головки по максимальному напряжению на выходе магнитофона при воспроизведении отрезка фонограммы с записью частоты 10 000 Гц. Измерения производят на выходе универсального усилителя — в общей точке конденсатора $1C_{16}$ и резистора $1R_{24}$. При воспроизведении отрезка фонограммы с записью частоты 400 Гц, сделанной с максимальным уровнем, на выходе универсального усилителя магнитофона должно установиться напряжение примерно 0,8 В.

Частотная характеристика канала воспроизведения магнитофона должна иметь вид, приведенный на рис. 32. Отношение сигнал/шум канала воспроизведения проверяют, установив в магнитофон кассету с экранирующей шторкой, но без ленты. Для магнитофона находят положение минимальных наводок. Экран *17* (см. рис. 11) должен быть установлен на место. Отношение сигнал/шум должно равняться 46—48 дБ.

Регулировку блока шумоподавления производят в следующем порядке. В магнитофон вставляют кассету с чистой лентой, предварительно размагнитив ее дросселем с обеих сторон. При размагничивании движения должны быть медленными и плавными. К мощному выходу магнитофона подключают громкоговорители, а к линейному выходу — милливольтметр и осциллограф. Регуляторы громкости и тембра устанавливают в положение максимального усиления. Магнитофон включают в режим воспроизведения. Регулятор $1R_{49}$ блока шумоподавления устанавливают в среднее положение. Порог срабатывания шумоподавителя находят при помощи резистора $1R_{45}$, поворачивая его движок от максимума к минимуму и ориентируясь по осциллограмме и по характеру шумов в громкоговорителе. По мере приближения к оптимальному значению шум уменьшается. Постепенно из ровного шума он превращается в звук, подобный шипению кипящего масла. Поворачивая этот резистор дальше, необходимо уловить момент исчезновения этого звука. Его и принимают за окончательный результат. Теперь, поворачивая движок резистора

$1R_{49}$, производят балансировку ветвей блока шумоподавления, отыскивая минимум напряжения шумов на выходе магнитофона. Этот минимум хорошо заметен как на экране осциллографа, так и по стрелочному прибору и на слух, тогда как первую операцию можно контролировать только по осциллографу и субъективному восприятию. Удобнее производить регулировку шумоподавителя в каждом канале отдельно, отключая громкоговоритель второго канала. На рис. 33

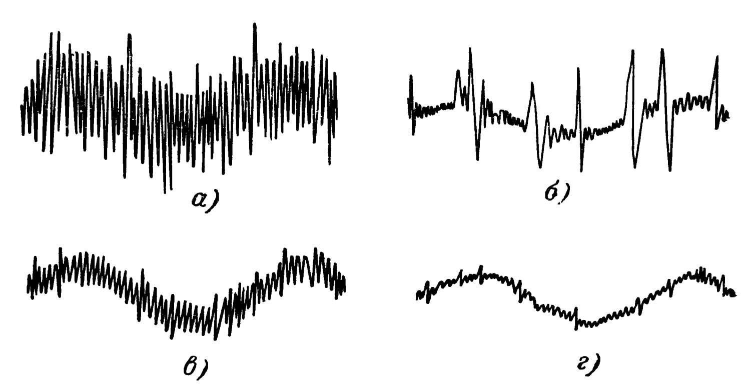


Рис. 33. Диаграммы напряжения шумов магнитофона.

а — блок шумоподавления не настроен; *б* — велик порог срабатывания; *в* — неправильно сбалансированы ветви блока шумоподавления; *г* — оптимальное положение регуляторов, на экране осциллографа видны только низкочастотные шумы.

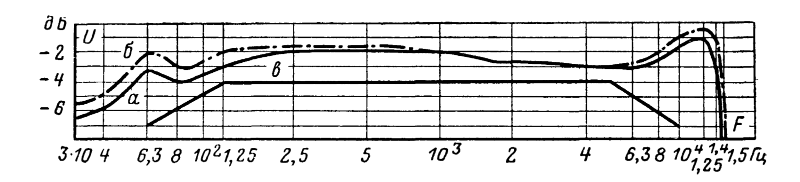


Рис. 34. Частотные характеристики канала записи — воспроизведения магнитофона.

Кривая *а* — левый канал; кривая *б* — правый канал; кривая *в* — допуск по ОСТ 4.ОКО.010.009.

приведены осциллограммы напряжения шумов на линейном выходе магнитофона.

При регулировке блока шумоподавления по методике, изложенной выше, напряжение на линейном выходе магнитофона «Селигер-4» при воспроизведении установочного уровня составляет 400 мВ. Коэффициент передачи шумоподавителя равен 0,5. Балансировку стереоканалов по напряжению производят элементами делителя линейного выхода. При этом в канале с большим выходным напряжением включают шунтирующий резистор параллельно гнезду линей-

ного выхода. Балансировать стереоканалы резисторами $1R_{45}$ и $2R_{45}$ нельзя.

Регулировку и проверку усилителя мощности производят по методике, описанной для магнитофона «Селигер-3». Это относится и к регулировке канала записи — воспроизведения с той лишь разницей, что устанавливать регуляторы уровня при воспроизведении в номинальное положение не нужно, поскольку напряжение линейного выхода магнитофона «Селигер-4» не зависит от положения регуляторов. В этом случае при записи сигнала с максимальным уровнем от звукового генератора на вход *Звукоснимателя* магнитофона подают напряжение 150 мВ. Уровень записи устанавливают регулятором уровня, ориентируясь по индикатору магнитофона. При записи частотной характеристики входное напряжение уменьшают на 20 дБ и, не изменяя положения регулятора уровня записи, производят запись сигнала на нужных частотах рабочего диапазона. При последующем воспроизведении регуляторы громкости и тембра могут быть установлены в любое положение, и это не отразится на результатах измерений напряжения линейного выхода. Частотные характеристики канала запись — воспроизведение магнитофона показаны на рис. 34.

Для регулировки и испытаний магнитофона «Селигер-4» применяют приборы и методики, перечисленные в разделе «Испытания магнитофона».

Комплектность

В комплект магнитофона входит выпрямитель для питания от сети, микрофон типа МД-64А, кабель № 1 для перезаписи от приемника, кабель № 2 для подключения к звукоснимателю или другому магнитофону, кабель № 3 для подключения выносных громкоговорителей, два выносных громкоговорителя и переходная колодка для подключения магнитофона к нестандартной аппаратуре.

Для питания магнитофона от сети переменного тока применяется выпрямитель, входящий в комплект магнитофона «Электроника-301» без изменений.

Кабели № 1 и 2 выполнены двумя экранированными проводами каждый и помещены в поливинилхлоридную трубку. Длина кабелей 2 м. К обоим концам кабелей припаяны пятиштырьковые вилки типа СШ-5, причем экранирующие оплетки изолированы от корпуса разъемов, так как используются в качестве общего провода. Для изготовления этих кабелей подойдет любой тип экранированного провода, обеспечивающий необходимую гибкость и надежность.

Кабель № 3 может быть изготовлен из любого многожильного провода сечением 0,35—0,5 мм. Переходная колодка изготовлена из колодки, входящей в комплект магнитофона «Электроника-301». Это устройство позволяет подключать магнитофон к автомобильному аккумулятору (используя кабель № 2), а также к измерительным приборам при регулировке и испытаниях. Электрические схемы устройств, входящих в комплект магнитофона, показаны на рис. 35.

Выносные громкоговорители. В комплект магнитофона входят выносные громкоговорители закрытого типа. В них применены динамические головки типа 6ГД-6 и 3ГД-31. Эти головки специально предназначены для применения в закрытых системах.

Устройство футляров, в которые установлены эти головки, показано на рис. 36. Корпуса футляров и отражательные доски изго-

товлены из десятимиллиметровой фанеры. Стенки корпуса должны быть тщательно пригнаны. Склейка корпуса производится казеиновым клеем или эпоксидной смолой с пластификатором. После высыхания клея (или смолы) проверяют качество швов и в случае необходимости зашпаклевывают или заливают эпоксидной смолой щели, образовавшиеся при склейке. Это необходимо для получения полной герметичности внутреннего объема футляра. При нарушении герметичности акустической системы снижается давление на нижних частотах. После сборки футляры фанеруют или оклеивают декоративной

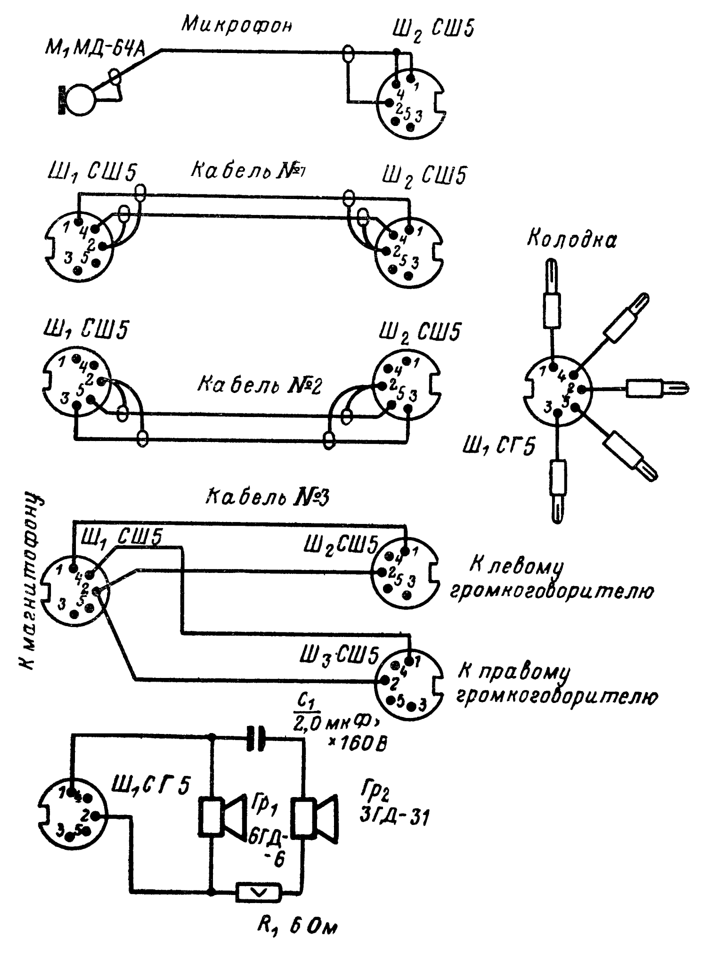


Рис. 35. Электрические схемы комплектующих устройств магнитофона.

пленкой, внутренние поверхности покрывают звукопоглотителем (пенополиуретаном толщиной 15—20 мм). Разъем и элементы разделительных фильтров закрепляют на задней стенке. Монтаж выполняют проводом марки МГШВ-0,14. Затем на отражательную доску снаружи устанавливают высокочастотную головку 3ГД-31, проложив между диффузодержателем и доской уплотнительное кольцо из микропористой резины. Диффузодержатель головки должен герметично

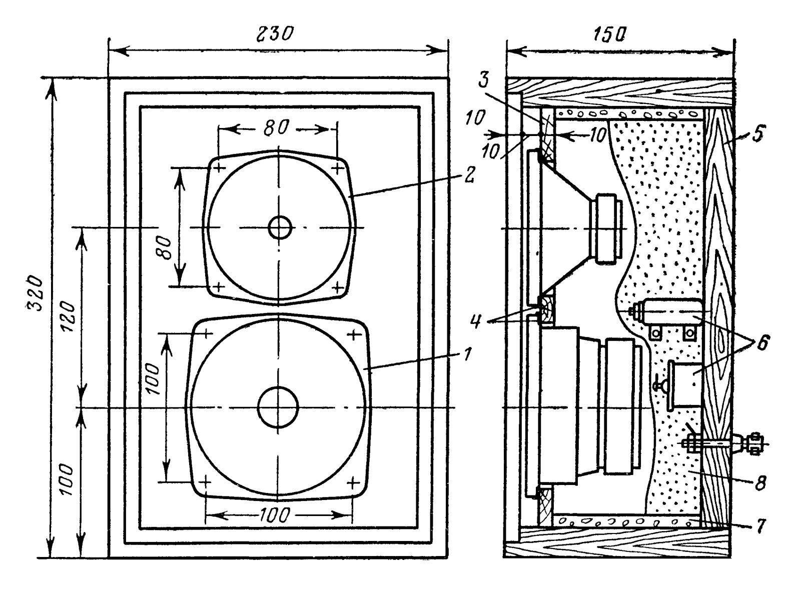


Рис. 36. Конструкция громкоговорителей.

1 — головка 6ГД-6; *2* — головка 3ГД-31; *3* — отражательная доска; *4* — резиновое уплотнение; *5* — корпус; *6* — элементы фильтра; *7* — звукопоглотитель; *8* — наполнитель.

закрывать отверстие. Перед установкой низкочастотной головки заканчивают монтаж и заполняют внутренний объем футляра наполнителем — ватой (100—150 г). Низкочастотную головку устанавливают на отражательную доску точно так же, как и высокочастотную, снаружи, применяя уплотнительное кольцо из микропористой резины. Винты нужно затягивать до упора, чтобы обеспечить надежный контакт диффузодержателя с отражательной доской.

При соединении выводов головок 6ГД-6 и 3ГД-31 необходимо соблюдать синфазность их включения. На диффузодержателе головки 3ГД-31 плюс обозначен красной точкой. При синфазном включении акустических головок соединяются одноименные выводы.

После установки головок на отражательную доску проверяют герметичность колонки. Для этого нажимают рукой на диффузор головки 6ГД-6 и удерживают в нажатом состоянии несколько секунд. Затем отдергивают руку. Диффузор должен медленно (за 4—5 с) вернуться в исходное положение. Если он возвращается за 1—2 с

или быстрее, нужно найти утечку воздуха и устранить ее. Отражательную доску снаружи обтягивают декоративной тканью или закрывают решеткой. Ткань нужно выбирать возможно более редкую (радиоткань), иначе она будет поглощать верхние частоты рабочего диапазона. После сборки колонки необходимо сфазировать. Для этого их подключают к магнитофону, устанавливают рядом и направляют в одну сторону. Затем воспроизводят запись частоты 100 Гц, сделанную с максимальным уровнем. Запись воспроизводят сначала одним громкоговорителем, затем двумя. При правильной фазировке громкость должна увеличиться.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Описание конструкции лентопротяжного механизма магнитофона «Электроника-301»

Если для изготовления стереофонического кассетного магнитофона применен лентопротяжный механизм, отличающийся от механизма магнитофона «Электроника-301», полезно знать особенности механизма, примененного в описываемых магнитофонах. Эти сведения пригодятся и при регулировке магнитофона, собранного полностью по рекомендациям настоящей книги.

Лентопротяжный механизм магнитофона «Электроника-301» предназначен для транспортирования магнитной ленты шириной 3,81 мм, заключенной в стандартную магнитофонную кассету типа МК-60, в режимах *Запись, Воспроизведение, Перемотка и Ускоренный ход вперед.*

Механизм рассчитан на применение ленты толщиной 18 мкм (кассета МК-60), но хорошо работает с лентой толщиной 13 мкм (кассета С-90), а при некоторой регулировке — и с лентой 9 мкм (кассета С-120). Дело в том, что особотонкая лента имеет малую поперечную устойчивость и легко сминается, если ее прижимает к направляющим штырям головок. Благодаря высокой эластичности, она более чувствительна к непараллельности поверхностей деталей фильмового канала, к которым относятся головки, ведущий вал, прижимной ролик и направляющие ролики кассеты. Она также реагирует на биение вращающихся деталей и особенно прижимного ролика. Поэтому применение такой ленты требует более тонкой и тщательной регулировки механизма.

Лентопротяжный механизм магнитофона «Электроника-301» имеет следующие параметры.

Скорость движения ленты	4,76 см/с ± ± 2%
Коэффициент детонации (с фильтром субъективного восприятия)	± 0,4%
Длительность непрерывной записи	2×30 мин
Длительность перемотки полной кассеты МК-60 . .	80 с
Питающее напряжение	9 ± 3 В
Ток, потребляемый при воспроизведении, не более	75 мА
Ток, потребляемый при перемотке, не более	130 мА

На рис. 37, *а* и *б* показан лентопротяжный механизм магнитофона. Он состоит из следующих основных частей и узлов: шасси *1*, каретки *2* с головками и прижимным роликом, клавишного переключа-

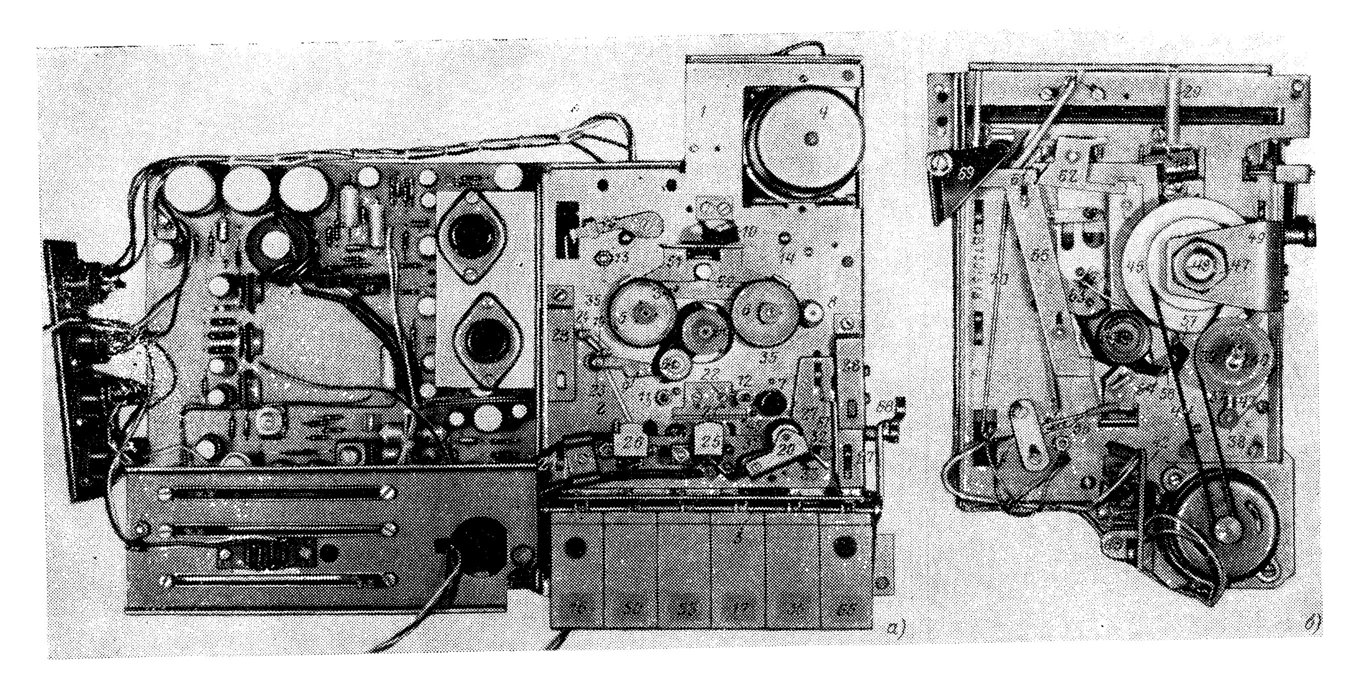


Рис. 37. Лентопротяжный механизм магнитофона «Электроника-301».

9 — тормоз рабочего хода; *19* — пружина тормоза; *23* — ось тормоза; *24* — стойка; *26* — стирающая головка; *36* — клавиша «Стоп»; *42* — плата стабилизатора частоты вращения двигателя,.

теля *3*, двигателя *4*, боковых узлов *5* и *6*, ведущего узла *7*, узла подмотки *8* и механизма перемотки.

При установке кассеты в лентопротяжный механизм пружина *10* прижимает кассету к направляющим стойкам *11* и *12*, а также к стойкам *13* и *14*, которые определяют ее положение в механизме. Рычаг блокировки записи *15* упирается в кассету и в случае отсутствия в ней упора блокирует кнопку *Запись 16*.

При нажатии на кнопку *Ход 17* каретка *2* под действием плоской пружины *18* передвигается в направлении ведущего узла *7* примерно на 6 мм. Головки входят в предназначенные для них в кассете гнезда, а прижимной ролик *20* прижимает ленту к ведущему валу. Для ограничения хода каретки служит планка *21*, которая фиксируется винтами *22*. Оптимальное положение каретки определяют при помощи линейки, которую прижимают к направляющим стойкам *11* и *12* со стороны подкассетных узлов *5* и *6*. Расстояние от линейки до рабочей поверхности универсальной головки *25* должно быть равно 3,8—0,3 мм, а до стирающей *26* — 4,0—0,2 мм. Каретка катается на четырех роликах *27* и прижимается к шасси *1* при помощи пружин *28* и шариков.

Высота головок над шасси регулируется при помощи набора шайб, а угол наклона универсальной головки — при помощи гайки *30*. Пружина *31* прижимает прижимной ролик к ведущему валу с усилием, примерно равным 250 г, величина которого регулируется установкой конца пружины в одно из отверстий в каретке. Упор *32* ограничивает угол поворота ролика и отводит его от кассеты в режимах *Стоп* и *Перемотка*. Угол поворота регулируется подгибкой рычага *33* с таким расчетом, чтобы в режиме *Ход* между рычагом и упором *32* образовывался гарантированный зазор 0,5—1 мм. Возврат каретки осуществляется под действием пружины *29*.

Подкассетные узлы *5* и *6* передают вращение сердечникам кассеты, на которые наматывается лента. Для удобства обращения с магнитофоном подкассетные узлы снабжены плавающими фиксаторами *34*. Пружины, удерживающие их в верхнем положении, облегчают установку кассеты и предохраняют ее от поломки в случае несовпадения зубцов сордечника кассеты и фиксатора. Подкассетные узлы снабжены резиновыми кольцами *35*, обеспечивающими кинематическую связь с механизмом перемотки и узлом подмотки *8*.

Узел подмотки смонтирован на рычаге *37*, закрепленном на шарнире *38*. Узел снабжен фрикционом *39*. Момент подмотки определяется силой трения в фрикционе *39* и регулируется выбором положения шайбы *40* на оси фрикциона *41*. Таким образом регулируется степень сжатия пружины фрикциона и передаваемый им момент. Момент подмотки в режиме *Ход* выбирается равным 50—60 г·см и измеряется при помощи специальной измерительной кассеты или при помощи пружинного граммометра. В режиме *Ход* каретка освобождает палец, расположенный на рычаге *37*, и пружина *43* прижимает фрикцион к подкассетному подматывающему узлу *6*. В режимах *Стоп* и *Перемотка* (в обе стороны) фрикцион подмотки отводится от подкассетного узла. Фрикцион приводится во вращение пассиком *44*. Этот же пассик приводит во вращение маховик *45* ведущего узла. Маховик напрессован на ведущий вал, который установлен во втулку *46*. Нижний конец ведущего вала упирается в подпятник *48* с контрящей гайкой *47*. Поворачивая подпятник, регулируют осевой люфт ведущего вала. Он должен составлять 0,1—0,2 мм и проверяется при помощи щупа, а при некотором навыке — «на глаз». При сме-

не пассика необходимо вывернуть подпятник на пару миллиметров, чтобы обеспечить легкий съем пассика. Ни отгибать, ни отвинчивать при этом скобу *49* не следует, так как это нарушит перпендикулярность подпятника к ведущему валу, что может вызвать вибрацию в подшипнике *46*. Сверху на ведущий вал надето маслоотбойное кольцо, препятствующее попаданию масла на ведущий вал и прижимной ролик.

Тормозная планка *51* прижимается к подкассетным узлам в режиме *Стоп* пружиной *52*. Она сконструирована таким образом, что за счет некоторого люфта в шарнире отталкивается приемным и заклинивается подающим узлом. Благодаря этому сохраняется натяжение ленты при остановке.

При нажатии на клавиши *Ход 17*, *Перемотка 50* и *Ускоренный ход вперед 53* рычаг *54* отодвигает тормозную планку от подкассетных узлов. Планка *55* включает питание магнитофона при нажатии на клавишу *Запись 16*, замыкая контакты *56*, когда магнитофон подготовляется к записи при неподвижной ленте.

При перемотке вперед рычаг *57* с помощью пружины *58* подводит обрезиненный ролик перемотки *59* к маховику *45* и прижимает паразитный ролик *60*, установленный на одной оси с роликом *59*, к приемному подкассетному узлу *6*.

При обратной перемотке ленты рычаг клавиши *Перемотка 61* подводит при помощи коромысла *62* планку с роликом перемотки *59* к маховику, а рычаг *63* заклинивает ролик *64* между роликом *60* и подкассетным узлом *5*.

Скорость движения ленты регулируется с помощью подстроечного резистора *65*, расположенного на плате стабилизатора частоты вращения двигателя.

При нажатии на клавишу *Лифт 66* толкатель *67* выталкивает кассету из магнитофона, а замок *68* освобождает крышку, которая закрывает кассету. При помощи рычага *69* осуществляется связь между клавишей *Запись* и переключателем режимов работы усилителя, установленным на печатной плате. Под этим рычагом размещается флажок, блокирующий клавишу *Запись*. Флажок отводится от клавиши рычагом блокировки *15* при помощи тяги *70*. Винты *71* ограничивают ход клавишей перемотки и предохраняют двигатель от перегрузки при чрезмерно больших усилиях зацепления роликов механизма перемотки.

Следует заметить, что на рис. 37, *б* показан механизм до его переделки, поэтому размещение рычага *69* в магнитофонах «Селигер-3» и «Селигер-4» иное.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «**Funk-Technik**», 1971, № 28, S 869 870
2. **Кудрин И.** Система DNL «Радио», 1974, № 7, с 60–61
3. **Berkoviz, Gundry.** Das Dolby System. «Funk-Technik», 1973, № 2
4. **Berkoviz, Gundry.** Das Dolby System. «Funk-Technik», 1973, № 3.
5. **Кудрин И.** Система Долби «Радио», 1974, № 9, с 56 59
6. **Колосов В. В.** Современный любительский магнитофон, М., «Энергия», 1974.
7. **Колосов В. В.** Кассетный стереофонический магнитофон. «Радио», 1974, № 5, с. 17 20.
8. **Колосов В. В.** Кассетный стереофонический магнитофон. – «Радио», 1974, № 6, с. 38 –39.
9. **Колосов В. В.** Кассетный магнитофон с шумоподавителем. «Радио», 1975, № 8, с. 38 -41.

СОДЕРЖАНИЕ

Цена 18 коп.